



**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2015/2016**

**DERRAMES DE HIDROCARBONETOS NO MAR: UMA AVALIAÇÃO  
DAS QUESTÕES OPERACIONAIS**

**PEDRO ALEXANDRE RIBEIRO MOREIRA**

Dissertação submetida para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Professora Doutora Cidália Maria de Sousa Botelho  
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto)

---

**Orientador académico:** Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes  
(Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto)

*Fevereiro, 2016*

# Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Veloso Gomes por todo o seu apoio, incentivo, paciência e disponibilidade demonstradas. A sua experiência, competência e conhecimentos transmitidos foram fundamentais para a elaboração desta dissertação.

Aos meus colegas que durante os cinco anos de vida académica estiveram de alguma forma presentes na minha vida, por todos os sorrisos, gargalhadas e conquistas ou frustrações que passámos juntos.

À grande família do Grupo de Ação Social do Porto (G.A.S. Porto), onde fiz muitos amigos que me proporcionaram momentos de convívio, amizade, partilha e solidariedade, não podendo esquecer os meus “meninos” da APPACDM, que me mostraram que todos os desafios podem ser ultrapassados.

Ao Povo de Timor, que com a sua simplicidade, sorriso e gratidão me mostraram que estava no caminho e no lugar certo.

Ao grupo de jovens “Raios de Sol”, pelos momentos de convívio e partilha.

Aos meus pais e avó pelos valores que me transmitiram, aos meus tios Fátima e Américo pelo apoio e carinho que me deram, ao meu irmão pela paciência neste último mês, à minha prima/irmã Ana Sofia, companheira de quarto que sempre me mimou, à minha Madrinha e restante família, por fazerem parte da minha vida.

Por último, mas não menos importante, à pessoa que iluminou a minha vida, a minha namorada, pela paciência, pelo carinho e pelo incentivo nos momentos menos bons. A ti, Helena, muito obrigado.

# Resumo

O crescimento populacional, associado à revolução industrial, criou um problema de necessidade energética que só foi solucionado a partir do momento em que se começaram a usar os combustíveis fósseis como fonte de energia.

A energia proveniente desta fonte está imensamente ativa na atividade diária do ser humano. Por isso, hoje em dia, a indústria petrolífera não só representa uma parte muito importante do setor da energia como também tem um papel muito importante na economia mundial.

Infelizmente, por vezes ocorrem acidentes associados à extração, ao transporte ou à refinaria destes combustíveis que originam derrames de hidrocarbonetos de grandes dimensões.

De maneira a evitar os impactos negativos causados por estes acidentes é importante criar planos eficazes de resposta à poluição por hidrocarbonetos.

Posto isto, o principal objetivo desta dissertação foi avaliar as questões operacionais relacionadas com o combate à poluição por hidrocarbonetos. De modo a alcançar este objetivo foram identificadas e descritas as principais estratégias de combate à poluição por hidrocarbonetos bem como algumas orientações operacionais de apoio à tomada de decisões.

Além disso, foi feita uma descrição dos principais tipos de hidrocarbonetos, das suas características e dos seus processos de alteração após derrame e uma identificação das principais causas deste tipo de poluição.

Foi concluído que, para que uma missão de combate à poluição tenha sucesso, é necessário um plano de ação operacional, formação das equipas de resposta, fiscalização e manutenção dos equipamentos e dos veículos de combate, recolha de informação úteis às ações de combate, tempo de resposta curto e uma resposta competente.

**Palavras-chave:** Derrames, Hidrocarbonetos, Poluição e Estratégias de Combate.

Página em branco

# Abstract

Population growth, coupled with the Industrial Revolution, created an energy demand problem that was only solved when fossil fuels started being used as an energy source.

The energy from this source is immensely present in daily human activity. So, today, the oil industry not only represents a very important part of the energy sector but also plays an important role in World Economy.

Unfortunately, associated with the extraction, transportation or refining of these fuels, sometimes accidents occur that originate massive oil spills.

In order to avoid the negative impacts of these accidents is important to create effective oil pollution response plans.

Therefore, the main goal of this dissertation was to assess the operational issues related to oil pollution fighting. In order to achieve this goal, oil pollution fighting strategies were identified and described, as well as some operational guidelines to support decision-making.

Furthermore, it was made a description of the main types of oil, its characteristics and its weathering processes as well as an identification of the main causes of this type of pollution.

It was concluded that for a pollution response mission to succeed, it requires an operational action plan, training of the response teams, an inspection and maintenance of the combat equipment and vehicles, a survey to collect useful information to oil pollution fighting and a quick and competent response.

**Key words:** Spills, Oil, Pollution and Fighting Strategies.

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1	Considerações gerais .....	1
1.2	Objetivos .....	3
1.3	Estrutura e conteúdo .....	4
<b>2</b>	<b>Os Hidrocarbonetos e os derrames .....</b>	<b>5</b>
2.1	Tipos de hidrocarbonetos .....	5
2.2	Características dos hidrocarbonetos .....	6
2.3	Comportamento e processos de transformação dos hidrocarbonetos após derrame .....	8
2.3.1	Processos de alteração .....	8
2.3.2	Movimentação do derrame .....	10
2.4	Modelos de simulação do comportamento dos hidrocarbonetos .....	11
2.5	Transporte de hidrocarbonetos .....	12
2.6	Principais causas de poluição por hidrocarbonetos .....	13
2.6.1	Poluição operacional .....	14
2.6.2	Poluição por descarga de lastro contaminado e lavagem de tanques .....	14
2.6.3	Poluição por sinistros marítimos .....	14
<b>3</b>	<b>Prevenção de derrames de hidrocarbonetos .....</b>	<b>17</b>
3.1	Prevenção Internacional .....	17
3.1.1	Atividades dos Estados-Membro e OPRC 1990 .....	18
3.1.2	Acordos regionais .....	19
3.2	Prevenção nacional - O Plano Mar Limpo .....	25
3.2.1	Organização institucional .....	26
3.2.2	Organização operacional .....	26
<b>4</b>	<b>Métodos de deteção de derrames de hidrocarbonetos e de determinação da sua espessura .....</b>	<b>29</b>
4.1	Deteção ótica .....	29
4.1.1	Deteção remota visível .....	29
4.1.2	Deteção infravermelha .....	30
4.1.3	Deteção próxima do infravermelho ( <i>near-infrared</i> ) .....	31
4.1.4	Deteção ultravioleta .....	31
4.1.5	Deteção IV e UV combinada .....	31
4.1.6	Deteção ótica por satélite .....	31
4.2	Sensores de fluorescência induzida por laser UV .....	32
4.3	Sensores micro-ondas .....	32
4.3.1	Sensores micro-ondas passivos .....	32
4.3.2	Radar .....	32

4.4	Sensores sonoros .....	33
4.5	Análises químicas.....	34
4.6	Métodos de determinação da espessura .....	34
4.6.1	Sensores micro-ondas passivos .....	34
4.6.2	Tempo de viagem acústica.....	34
4.6.3	Visual .....	34
4.6.4	Absorção próxima do Infravermelho.....	35
<b>5</b>	<b>Estratégias de resposta a derrames de hidrocarbonetos .....</b>	<b>37</b>
5.1	Barreiras de contenção ( <i>booms</i> ).....	37
5.1.1	Estrutura .....	37
5.1.2	Tipos .....	38
5.1.3	Disposição das barreiras .....	42
5.1.4	Principais falhas.....	45
5.2	Recuperadores ( <i>skimmers</i> ) .....	46
5.2.1	Tipos de recuperadores.....	47
5.2.2	Eficiência.....	51
5.3	Materiais absorventes ou adsorventes .....	52
5.4	Recuperação manual .....	53
5.5	Agentes de tratamento do derrame .....	54
5.5.1	Dispersantes .....	54
5.5.2	Agentes de lavagem de superfícies.....	57
5.5.3	Inibidores e separadores de emulsão.....	58
5.5.4	Agentes viscoelásticos .....	58
5.5.5	Solidificadores.....	58
5.5.6	Agentes favoráveis à biodegradação .....	59
5.6	Queima <i>in-situ</i> controlada.....	60
5.6.1	Eficiência.....	60
5.6.2	Equipamentos usados .....	61
5.6.3	Vantagens e Desvantagens .....	61
5.7	Equipamento auxiliar .....	62
5.7.1	Tanques flutuantes .....	62
5.7.2	Bombas .....	62
5.7.3	Material de proteção individual .....	63
5.7.4	Veículos.....	64
5.8	Destino final dos resíduos recolhidos .....	64
5.8.1	Tipos de resíduos .....	65
5.8.2	Quantidade de resíduos recolhidos .....	66
5.8.3	Fins para os resíduos .....	67

<b>6</b>	<b>Orientações para uma missão de combate à poluição por hidrocarbonetos ...</b>	<b>69</b>
6.1	<i>The Basics of Oil Spill Cleanup</i> .....	69
6.1.1	Formação.....	69
6.1.2	Organização estrutural de resposta .....	70
6.1.3	Ativar o plano de contingência: .....	72
6.1.4	Estudos auxiliares e mapas de sensibilidade .....	73
6.1.5	Sistemas de comunicação .....	74
6.1.6	Cooperação pública, privada e voluntária .....	74
6.1.7	Recuperação de custos .....	74
6.2	Guia de apoio da DGAM .....	74
6.2.1	Ações imediatas perante um episódio de poluição do mar.....	75
6.2.2	Operações de combate à poluição.....	76
6.3	Guia de apoio do CEDRE .....	78
6.3.1	Organização institucional .....	79
6.3.2	Ações a serem tomadas caso ocorra um derrame.....	81
<b>7</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>95</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo A</b>	<b>Desempenho de alguns recuperadores.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo B</b>	<b>Desempenho de alguns materiais absorventes e adsorventes .....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo C</b>	<b>Toxicidade aguda de certos dispersantes.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo D</b>	<b>Informações relativas à aplicação de agentes de lavagem de superfícies</b>	<b>108</b>
<b>Anexo E</b>	<b>Testes a solidificadores .....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo F</b>	<b>Informações relativas à queima in-situ .....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo G</b>	<b>Questões de morfologia local .....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo H</b>	<b>Escala de vento e do estado do mar (Beaufort e Douglas).....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo I</b>	<b>Escala Polscale .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo J</b>	<b>Elementos considerados na elaboração de um mapa de sensibilidade.</b>	<b>116</b>
<b>Anexo K</b>	<b>Fluxograma sumário das principais ações de combate à poluição por HC</b>	<b>117</b>
<b>Anexo L</b>	<b>Projeto ECORISK .....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo M</b>	<b>Principais equipamentos da DGAM .....</b>	<b>122</b>



# Lista de figuras

Figura 1-1 - Evolução (de 1971 até 2013) da oferta total de energia primária por Mtep (International Energy Agency, 2015). ....	1
Figura 1-2 - Fração de consumo de cada uma das fontes de energia em 2013 (International Energy Agency, 2015).....	1
Figura 2-1- Principais processos de alteração após derrame (Medess4ms, s.d.). ....	10
Figura 2-2 - Efeito das ondas na mancha de hidrocarbonetos (Brown University, s.d.). ....	11
Figura 2-3 - Imagem representativa da escala AFRA (Hamilton, 2014) .....	13
Figura 3-1 - Zonas de responsabilidade do Acordo de Bonn (European Maritime Safety Agency, 2004). ....	22
Figura 3-2 - Estrutura Internacional de combate à poluição marítima (Humanitarian Aid and Civil Protection, s.d.). ....	25
Figura 5-1 - Esquema representativo das barreiras do tipo cortina (a), cerca (b) e de praia (c) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) .....	39
Figura 5-2 - Barreira tidal seal (Markleen, s.d.). ....	40
Figura 5-3 - Barreira para gelo (Hochanadel, 2010). ....	41
Figura 5-4 - Barreira de ar (Canadianpond.ca, s.d.). ....	41
Figura 5-5 - Esquema representativo das disposições em “U” (esquerda), “J” (centro) e “V” (direita) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001) .....	42
Figura 5-6 - Esquemas representativos do uso de barreiras para desviar a mancha de hidrocarbonetos. Sistema de uma só barreira (esquerda) e sistema em cascata (direita) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	43
Figura 5-7 - Esquema representativo do envolvimento por barreiras de contenção (esquerda) e envolvimento do navio EXXON VALDEZ (direita) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001; Taylor, 2014). ....	44
Figura 5-8 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de uma disposição por exclusão (Adiomas Services Pty Ltd, 2014; Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	44
Figura 5-9 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de uma disposição de arrasto (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM); Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001).....	44
Figura 5-10 - Esquema representativo da falha por arrastamento (a), falha de drenagem (b), falha por salpicos (c), falha por acumulação crítica (d), falha por submersão (e) e falha por alisamento (f) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	46
Figura 5-11 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador oleofílico de discos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001; Nautic Expo, s.d.). ....	47
Figura 5-12 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador oleofílico de tambor (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM); Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	48

Figura 5-13 - Esquema representativo de um recuperador oleofílico de cinta normal (esquerda) e invertido (direita) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	48
Figura 5-14 - Esquema representativo de recuperadores oleofílico de escova (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	49
Figura 5-15 - Esquema representativo de um recuperador oleofílico de cordão horizontal (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001). ....	49
Figura 5-16 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador de acumulação (Aquaquick Europe, s.d.) (Slickbar Indonesia, s.d.). ....	50
Figura 5-17 - Imagem real de um recuperador de sucção (Elastec, s.d.). ....	50
Figura 5-18 - Algumas configurações dos materiais absorventes ou adsorventes (Buffalo Industries, s.d.; SpillTech, s.d.). ....	53
Figura 5-19 - Exemplos de ações de recuperação manual no derrame do navio EXXON VALDEZ (esquerda) e do navio PRESTIGE (direita) (Fobes, 1990; Leiro, 2002) .....	54
Figura 6-1 - Organização estrutural típica (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).....	71
Figura 6-2 - Ações de combate à poluição por HC (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ..	72
Figura 6-3 - Ações de resposta à poluição por HC sugeridas pela DGAM (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011) .....	75
Figura 6-4 - Fases de ação de combate à poluição por HC (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).....	83
Figura 1- Escala de Beaufort e Douglas (Gestão Costeira Integrada, s.d.). ....	114
Figura 2- Fluxograma sumário das principais ações de combate à poluição sugerida pelo Cedre (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	117

# Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Propriedades típicas de alguns derivados petrolíferos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ....	7
Tabela 3.1 - Implementação das recomendações de resposta chave da HELCOM (European Maritime Safety Agency, 2004) .....	20
Tabela 3.2 - Tipos de exercícios do Acordo de Bonn (European Maritime Safety Agency, 2004). ....	23
Tabela 4.1 - Estimativa da espessura com base na observação visual (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).....	34
Tabela 5.1 - Características das barreiras mais comuns (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)). ....	39
Tabela 5.2 - Ângulo de deflexão em função da velocidade da corrente (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	43
Tabela 5.3 - Eficiência dos dispersantes em função da energia do massa de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ....	56
Tabela 5.4 - Tempos de utilização dos fatos da classe A (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011). ....	63
Tabela 5.5 - Resíduos contaminados com hidrocarbonetos (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014) .....	65
Tabela 5.6 - Resíduos não contaminados (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).....	66
Tabela 6.1 - Ações imediatas perante um episódio de poluição do mar (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011). ....	76
Tabela 6.2 - Operações de combate à poluição (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011). ....	77
Tabela 6.3 - Receber o alerta (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	83
Tabela 6.4 - Realizar uma pesquisa (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	84
Tabela 6.5 - Amostragem (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	85
Tabela 6.6 - Proteger a população (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	86
Tabela 6.7 - Proteger propriedades e o ambiente (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).....	86
Tabela 6.8 - Identificar o poluente e os seus perigos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).....	87
Tabela 6.9 - Organizar um local de limpeza (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).....	87

Tabela 6.10 - Assegurar a segurança nos locais de trabalho (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	88
Tabela 6.11 - Limpar os locais poluídos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	89
Tabela 6.12 - Descontaminar trabalhadores, equipamentos e veículos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	89
Tabela 6.13 - Armazenar os resíduos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	90
Tabela 6.14 - Transportar e eliminar os resíduos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	91
Tabela 6.15 - Comunicação interna, institucional e com a comunicação social (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	92
Tabela 6.16 - Indeminizações (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	93
Tabela 6.17 - Feedback (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011). ....	93
Tabela 1 - Desempenho dos recuperadores típicos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ....	105
Tabela 2 - Desempenho de alguns materiais absorventes e adsorventes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	106
Tabela 3 - Resultado do teste à toxicidade aguda de certos dispersantes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	107
Tabela 4 - Uso de agente de lavagem de superfícies e principais testes de campo (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	108
Tabela 5 - Eficácia de agentes de lavagem de superfícies (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	109
Tabela 6 - Testes a solidificadores (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). ....	110
Tabela 7 - Informação relativa a dispositivos de ignição (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014). ....	111
Tabela 8 - Propriedades da queima de alguns compostos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ....	112
Tabela 9 - Comportamento dos HC em alguns tipos de morfologia costeira (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011). ....	113
Tabela 10 - Escala de gravidade da poluição causada por hidrocarbonetos em áreas costeiras de acordo com a escala Polscale (Alves & Aaltonen, 2015). ....	115
Tabela 11 - Elementos considerados na elaboração de mapas de sensibilidade (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). ....	116
Tabela 12 - Principais equipamentos da DCPM (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011). ....	122

# Glossário

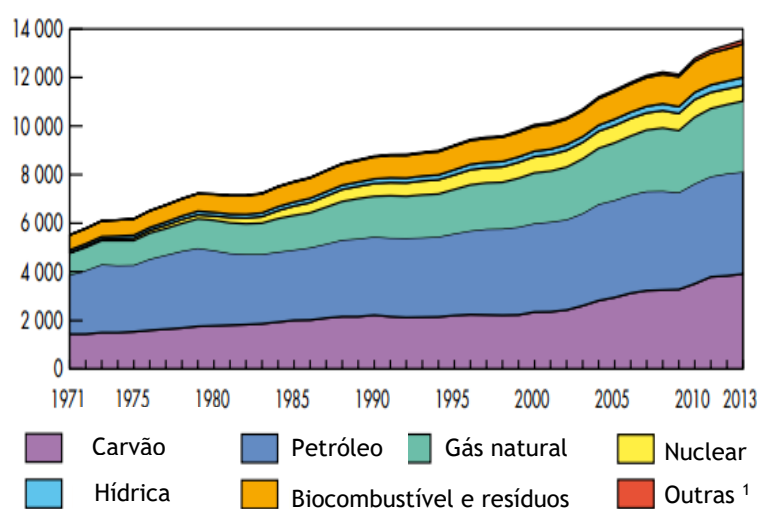
<b>AFRA</b>	Average Freight Rate Assessment
<b>AMN</b>	Autoridade Marítima Nacional
<b>API</b>	American Petroleum Institute
<b>ATV</b>	All-Terrain Vehicle
<b>BAOAC</b>	Bonn Agreement Oil Appearance Code
<b>CCD</b>	Charge-coupled Device
<b>CEDRE</b>	Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution
<b>CG</b>	Comandante Geral
<b>CILPAN</b>	Centro Internacional de Resposta à Poluição do Atlântico Nordeste
<b>DCPM</b>	Direção de Combate à Poluição do Mar
<b>DEO</b>	Director of Emergency Operations
<b>DGAM</b>	Direção-Geral da Autoridade Marítima
<b>DL<sub>50</sub></b>	Dose Letal necessária para matar 50% da população testada
<b>CIIMAR</b>	Centro Interdisciplinar de Pesquisa Marinha e Ambiental
<b>EDC</b>	Endocrine Disrupting Chemicals
<b>HC</b>	Hidrocarbonetos
<b>HELCOM</b>	Convenção de Helsínquia
<b>HNS</b>	Hazardous and Noxious Substances
<b>IMCO</b>	Inter-Governmental Maritime Consultative Organization
<b>IMDG</b>	International Maritime Dangerous Goods
<b>IMO</b>	International Maritime Organization
<b>IMT</b>	Instituto da Mobilidade e dos Transportes
<b>INEM</b>	Instituto Nacional de Emergência Médica
<b>IV</b>	Infravermelho
<b>MARPOL</b>	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios
<b>MAU</b>	Mediterranean Assistance Unit
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>MSDS</b>	Material Safety Data Sheet
<b>OILPOL</b>	International Convention for the Prevention of Pollution of Sea by Oil
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas

<b>OPRC</b>	International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation
<b>PAM</b>	Plano de Ação para o Mediterrâneo
<b>PE_PML</b>	Programa Estratégico de Apoio ao Plano Mar Limpo
<b>PML</b>	Plano Mar Limpo
<b>PML</b>	Polícia Marítima
<b>POLREP</b>	Pollution Reporting System
<b>PSP</b>	Polícia de Segurança Pública
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinilo
<b>REMPEC</b>	The Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea
<b>RIS</b>	Regional Information System
<b>ROMS</b>	Regional Ocean Modeling System
<b>SAM</b>	Sistema de Autoridade Marítima
<b>SAR</b>	Synthetic Aperture Radar
<b>SCI</b>	Sistema de Comando de Incidentes
<b>SCU</b>	Sistema de Comando Unificado
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>SLAR</b>	Side-Looking Airborne Radar
<b>TDW</b>	Tonelada de porte bruto
<b>TROCS</b>	TRansport Of Chemical Substances
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicle
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>ZEE</b>	Zona Económica Exclusiva

# 1 Introdução

## 1.1 Considerações gerais

Devido ao aumento da industrialização e da procura, o consumo energético mundial aumentou, só no século XX, para um valor quase dez vezes superior. Tendência essa que se tem observado também no século XXI devido ao desenvolvimento de alguns países de terceiro mundo e ao uso exagerado de energia em países desenvolvidos (Twidell & Weir, 2015). É possível observar na figura 1-1 o aumento do consumo de energias de 1971 até 2013.



<sup>1</sup> Inclui energia geotérmica, solar, vento, e outras.

Figura 1-1 - Evolução (de 1971 até 2013) da oferta total de energia primária por Mtep (International Energy Agency, 2015).

Embora algumas fontes de energia renováveis estejam a ser cada vez mais utilizadas, continuam a ser os produtos derivados do petróleo a fonte de energia mais procurada a nível mundial, como se pode ver na Figura 1-2. De um total de 13541 Mtep consumidos, aproximadamente 4211 Mtep ( $\approx 31,1\%$ ) são correspondentes aos derivados petrolíferos (International Energy Agency, 2015).

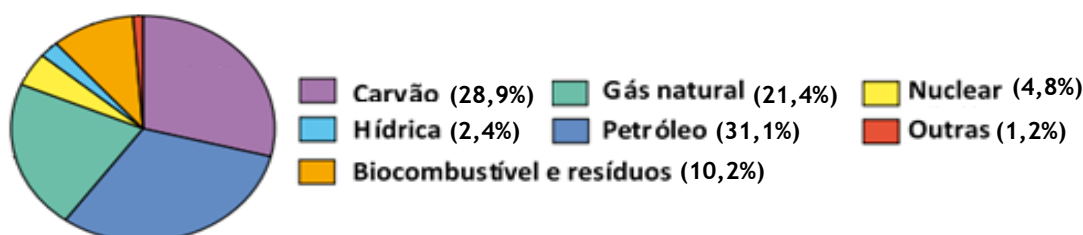


Figura 1-2 - Fração de consumo de cada uma das fontes de energia em 2013 (International Energy Agency, 2015)

Atualmente, a indústria petrolífera representa uma fração muito importante na economia mundial, incluindo todos os processos relacionados com os produtos derivados do petróleo, tais como a exploração, a extração ou o transporte. A energia proveniente desta fonte está abundantemente presente no nosso dia-dia, desde o uso para aquecimento das nossas casas até ao uso como combustível dos nossos veículos.

Tal como tudo, o consumo de combustíveis fósseis e a indústria petrolífera apresentam diversas desvantagens associadas. A extração exaustiva desta fonte energética e as emissões de poluentes provocadas pela sua combustão representam alguns dos argumentos usados pelas pessoas que são contra o consumo de combustíveis fósseis, em geral, e contra a indústria petrolífera, em particular.

Além disso, por vezes ocorrem acidentes associados à extração, ao transporte ou à refinaria dos hidrocarbonetos que originam derrames de hidrocarbonetos de grandes dimensões. As principais causas da poluição do mar são: i) Sinistros marítimos, tais como encalhes, afundamentos, explosões, rombos e colisões entre navios que transportam hidrocarbonetos, como carga ou combustível próprio; ii) Descarga de águas de porões contaminadas, de lavagem de tanques de carga e lastro de navios; iii) Derrames em operações de trasfega entre navios, e através de embarcações; iv) Efluentes industriais e urbanos (origem telúrica); v) Derrames de campos de exploração petrolífera situados no mar (offshore); vi) Precipitação de hidrocarbonetos que se evaporaram para a atmosfera; vii) Modificação no regime dos rios e nas cargas poluentes por eles transportadas (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Estima-se que sejam introduzidas nos oceanos, por ação humana, voluntária ou involuntária, aproximadamente 5 milhões de toneladas de hidrocarbonetos por ano, o que representa uma das principais causas de poluição dos oceanos (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Embora, a nível mundial, apenas uma pequena parte do petróleo e dos seus derivados seja derramada por ação antropogénica, uma vez que o derrame ocorra, estas substâncias representam um impacto muito negativo nas áreas afetadas. Os derrames de hidrocarbonetos provocam a diminuição do nível de atividade fotossintética das algas e do fitoplâncton e apresentam uma elevada toxicidade quando ingeridos. Além disso, devido ao seu efeito impermeabilizante, as aves e os mamíferos marinhos cobertos de hidrocarbonetos perdem a sua flutuabilidade e o seu isolamento térmico, levando à sua morte (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).



Ao contrário de países como a Arábia Saudita, Rússia e Estados Unidos, Portugal não tem um papel muito relevante na indústria petrolífera mundial (International Energy Agency, 2015). Desta forma, Portugal não está tão suscetível a derrames provenientes de poços de extração ou de refinarias. Já o facto de sermos um país com um grande território marítimo e tráfego naval elevado faz com que Portugal seja sensível a derrames de hidrocarbonetos transportados por embarcações.

A nível Europeu, Portugal é o país com a maior Zona Económica Exclusiva (ZEE), cerca de 28% de toda a ZEE europeia (1,66 milhões de km<sup>2</sup>). Segundo a Direção de Combate à Poluição do Mar (DCPM), só em 2013, a ZEE portuguesa esteve exposta a 198 028 riscos potenciais (Carvalho, 2015).

Devido à elevada exposição e elevado risco, é necessário criar planos de resposta a eventuais derrames e criar entidades responsáveis que os ativem da forma mais eficaz e mais rápida possível. Desta forma, minimizam-se os efeitos nocivos dos hidrocarbonetos derramados.

Para que o combate à poluição seja eficaz, também é importante ter-se conhecimento das condições meteorológicas (como a precipitação e a direção e força do vento) e do estado do mar local (como a altura da vaga e direção e intensidade das correntes). Por exemplo, uma forte agitação marítima tanto pode ser benéfica, ajudando a dissolver e a dispersar os hidrocarbonetos, como pode inviabilizar as operações de combate. De maneira a recolher esta informação usa-se a escala de *Beaufort* e *Douglas* que pode ser consultada no anexo H.

É também importante elaborar mapas de sensibilidade o mais completos possíveis, que marquem as zonas sensíveis do ponto de vista ecológico e socioeconómico. Conhecendo a zona a proteger diminuem-se os danos causados pela poluição. Quando não existe informação oficial é possível usar a informação cedida pelo projeto EUROCIPS que possui um índice de sensibilidade ambiental e um atlas costeiro para Portugal. A informação fornecida pelo projeto EUROCIPS associada à informação fornecida pelo sistema de monitorização por satélite *Cleanseanet*, da Agência Europeia de Segurança Marítima, são profundamente úteis nas ações de combate à poluição (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é avaliar as questões operacionais relacionadas com o combate à poluição por hidrocarbonetos. De modo a alcançar este objetivo foram desenvolvidos os seguintes tópicos:

- Descrição dos principais tipos de hidrocarbonetos, das suas características e dos seus processos de alteração após derrame;

- Identificação das principais causas de poluição por hidrocarbonetos;
- Identificação e descrição dos principais métodos e equipamentos de combate à poluição por hidrocarbonetos;
- Identificação e descrição dos principais métodos de detecção de derrames de hidrocarbonetos;
- Recolha de orientações que apoiem a tomada de decisões ou a elaboração de planos estratégicos de combate à poluição causada por um derrame de hidrocarbonetos.

### **1.3 Estrutura e conteúdo**

No capítulo 2, faz-se a descrição dos tipos de hidrocarbonetos, das suas características e do seu comportamento após serem derramados.

São apresentadas as principais causas de poluição por hidrocarbonetos e faz-se uma breve referência ao transporte de hidrocarbonetos no mar e aos modelos de previsão do comportamento da mancha.

No capítulo 3, são descritas algumas das ações de prevenção, desenvolvidas nos últimos tempos a nível internacional e a nível nacional.

No capítulo 4 e 5, analisam-se, de forma detalhada, alguns parâmetros relativos ao combate da poluição por hidrocarbonetos. No capítulo 4, são descritos os principais meios de detecção de derrames de hidrocarbonetos e no capítulo 5 as estratégias de combate à poluição mais usadas.

Também no capítulo 5, se faz uma breve descrição dos principais resíduos gerados numa missão de combate à poluição e dos seus possíveis processos de reaproveitamento ou eliminação.

No capítulo 6, são apresentadas, de uma forma sucinta, algumas orientações que poderão ser úteis no combate ou na elaboração de um plano estratégico de combate à poluição de hidrocarbonetos.

Por fim, no capítulo 7, são mencionadas as considerações finais do trabalho desenvolvido.

## 2 Os Hidrocarbonetos e os derrames

Os hidrocarbonetos são os principais constituintes do petróleo e dos seus derivados. A sua composição varia em função da formação geológica em que estão inseridos, fator que influencia as propriedades dos hidrocarbonetos. Por exemplo, se a sua composição incluir maioritariamente compostos leves, então os hidrocarbonetos serão pouco viscosos e densos.

### 2.1 Tipos de hidrocarbonetos

Os principais compostos petrolíferos podem ser agrupados de acordo com a sua estrutura numa das seguintes categorias (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011):

**Saturados (S):** estes hidrocarbonetos são caracterizados por cadeias lineares, ramificadas ou cíclicas exclusivamente compostas por carbono e hidrogénio, sem ligações duplas ou aromaticidade.

**Aromáticos (A):** são compostos cíclicos orgânicos constituídos por pelo menos um anel de benzeno com seis carbonos. Devido às ligações duplas entre carbonos que flutuam à volta do anel, estes compostos são muito estáveis, persistentes e tóxicos.

**Resinas (R):** grande grupo composto por compostos polares dos hidrocarbonetos. Devido à sua polaridade, estes compostos são mais solúveis em solventes polares, como a água.

**Asfaltenos (A):** mistura de grandes compostos orgânicos que precipitam por processos naturais. Representa a fração mais polar e mais pesada dos hidrocarbonetos.

Os hidrocarbonetos também podem ser classificados de acordo com (Santo, 2000):

- **Leves** (gasolina, querosene, parafina e diesel): compostos de baixa viscosidade, elevada taxa de evaporação, elevada taxa de solubilidade em água. Os hidrocarbonetos leves têm mais tendência a formar emulsões instáveis e penetram mais facilmente nos substratos;
- **Moderados a pesados** (crudes, *marine diesel*, gasóleo, óleo combustível leve, óleo de lubrificação leve): a sua viscosidade é moderada ou elevada. Como a fração volátil destas substâncias evapora rapidamente e a fração solúvel se dissolve na água, estes compostos darão lugar a um resíduo menos tóxico que afunda com maior facilidade;
- **Pesados** (crudes parafínicos, emulsão água/óleo e óleos de lubrificação pesados): devido à sua elevada viscosidade a dispersão dos hidrocarbonetos pesados é limitada. Formam pastas de alcatrão, quando são degradados por ação atmosférica, mas liquefazem-se quando são expostos ao Sol;

- **Residuais** (*bunker*, óleo combustível pesado, crude degradado e asfaltos): a sua dispersão é quase nula e formam uma pasta de alcatrão à temperatura ambiente.

## 2.2 Características dos hidrocarbonetos

Para podermos prever o comportamento de uma mistura de hidrocarbonetos ou decidir qual o melhor mecanismo de defesa, no caso de um derrame, precisamos conhecer as suas propriedades, sendo as seguintes as mais importantes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011):

- **Viscosidade:** substâncias viscosas não se espalham tão facilmente e são mais difíceis de ser bombeadas ou removidas por um recuperador;
- **Densidade:** a densidade aumenta com o tempo, visto que os compostos leves vão evaporando. Embora raramente aconteça, substâncias com maiores densidades do que a água afundam e são mais difíceis de remover;
- **Gravidade específica:** este parâmetro relaciona a densidade de uma mistura de hidrocarbonetos com a densidade da água. Se a gravidade específica de uma substância for maior do que 1 esta afunda e se for menor flutua. Outra escala usada é a escala do *American Petroleum Institute* (API). Misturas de hidrocarbonetos com gravidades específicas baixas têm gravidades API maiores;
- **Solubilidade:** embora a solubilidade de uma mistura de hidrocarbonetos seja quase insignificante, mesmo uma pequena concentração pode ser tóxica para uma determinada espécie;
- **Ponto de inflamação:** este parâmetro refere-se à temperatura a que um líquido fornece suficiente vapor para se incendiar quando exposto a uma chama aberta. Um líquido é considerado inflamável se o seu ponto de inflamação for inferior a 60°C. É importante conhecer o ponto de inflamação de uma mistura de hidrocarbonetos se quisermos avaliar as condições de segurança, principalmente se se optar por uma queima *in-situ*;
- **Ponto de fluidez:** é a temperatura a que uma mistura de hidrocarbonetos demora um determinado tempo a verter de um recipiente de medição padronizado. Este parâmetro é limitado no que toca à previsão do comportamento de uma mistura de hidrocarbonetos, visto que valores iguais de ponto de fluidez em dois compostos diferentes podem apresentar resultados diferentes;
- **Fração de destilação:** representa a fração que é fervida a uma determinada temperatura. Este parâmetro é importante porque é correlacionado com a composição e outras propriedades físicas das misturas de hidrocarbonetos;

- **Tensão superficial:** força de atração ou repulsão entre as moléculas superficiais de uma mistura de hidrocarbonetos e da água. Quanto menor for o valor deste parâmetro mais facilmente se espalha a substância e menor é a espessura da mistura. Este parâmetro não pode ser considerado isolado, sendo normalmente relacionado com a viscosidade;
- **Pressão de vapor:** a pressão de vapor é difícil de medir e por isso poucas vezes é usada para analisar derrames de uma mistura de hidrocarbonetos.

Existem muitos modelos matemáticos que permitem prever o comportamento de uma mistura de hidrocarbonetos baseando-se nas suas propriedades, mas devem ser usados com cuidado visto que diferentes misturas de hidrocarbonetos têm diferentes composições e comportam-se de maneiras distintas umas das outras. Aliás, até misturas de hidrocarbonetos iguais se podem comportar de forma diferente se estiverem em condições diferentes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011). Na tabela 2.1 podem ser consultadas algumas propriedades de alguns derivados petrolíferos.

*Tabela 2.1 - Propriedades típicas de alguns derivados petrolíferos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).*

Propriedades	Unidades	Gasolina	Diesel	Crude leve	Crude Pesado	Óleo combustível intermédio	Bunker C
Viscosidade	mPa.s a 15°C	0,5	2	5 até 50	50 até 50 000	1 000 até 15 000	10 000 até 50 000
Densidade	g/ml a 15°C	0,72	0,84	0,78 até 0,80	0,88 até 1,00	0,94 até 0,99	0,96 até 1,04
Ponto de Inflamação	°C	-35	45	-30 até 30	-30 até 60	80 até 100	>100
Solubilidade em água	ppm	200	40	10 até 50	5 até 30	10 até 30	1 até 5
Ponto de fluidez	°C	Sem Relevância	-35 até -10	-40 até 30	-40 até 30	-10 até 10	5 até 20
Gravidade API		65	35	30 até 50	10 até 30	10 até 20	5 até 15
Tensão superficial	mN/m a 15°C	27	27	10 até 50	15 até 30	5 até 30	25 até 35
Fração destilada (%) a	100°C	70	1	2 até 15	1 até 10	-	-
	200°C	100	30	15 até 40	2 até 25	2 até 5	2 até 5
	300°C		85	30 até 60	15 até 45	15 até 25	5 até 15
	400°C		100	45 até 85	25 até 75	30 até 40	15 até 25
	Residual			15 até 55	25 até 75	60 até 70	75 até 85

## 2.3 Comportamento e processos de transformação dos hidrocarbonetos após derrame

Na eventualidade da ocorrência de um derrame, é importante conhecer qual o comportamento e quais os processos de alteração que ocorrem após o acidente. Desta forma as decisões tomadas (meios mobilizados, entidades contactadas, entre outras) serão as mais adequadas e o impacto do derrame poderá ser minimizado. Por exemplo, se um hidrocarboneto evaporar facilmente não serão necessárias muitas infraestruturas de limpeza, mas também implicará uma contaminação atmosférica mais significativa.

Os principais processos após derrame são os processos de alteração e os processos de movimentação da mancha.

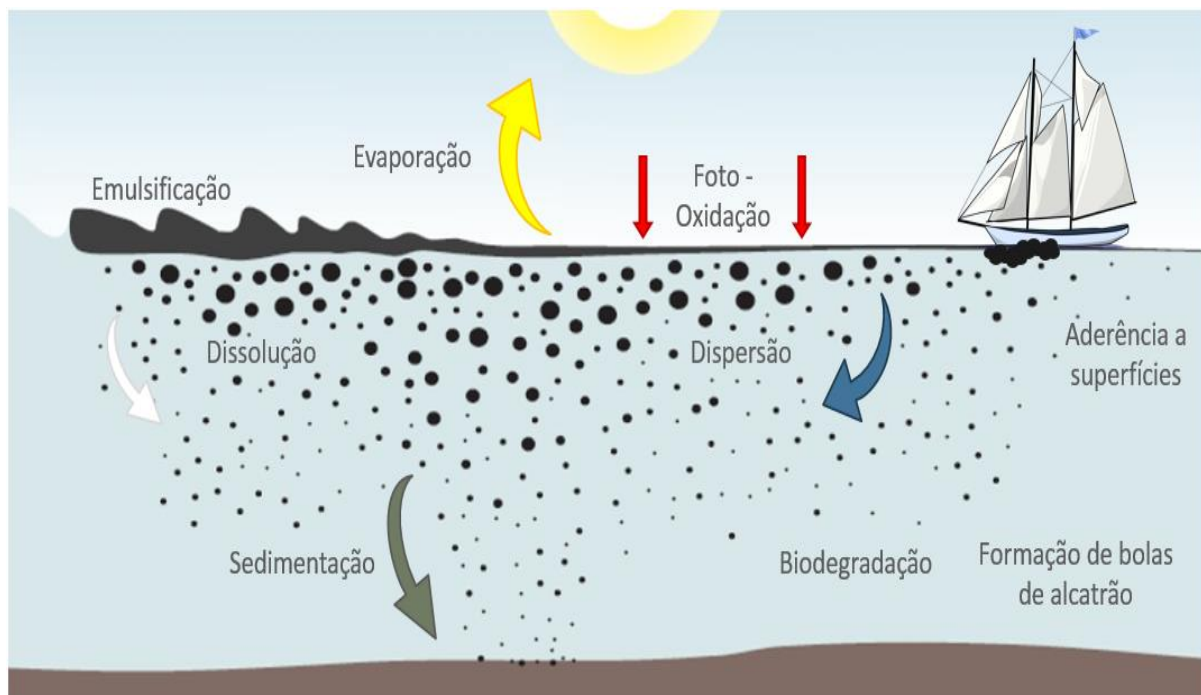
### 2.3.1 Processos de alteração

Os processos de alteração, figura 2-1, incluem todos os fenómenos pelos quais ocorre mudança das características físicas e químicas da mancha após o derrame. Estes fenómenos podem-se manifestar numa das seguintes formas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013; Ramakrishna, 2011):

- **Evaporação:** perdem-se os compostos mais voláteis, que têm menor peso molecular. Por isso, a evaporação depende fortemente da composição dos hidrocarbonetos, sendo que os mais leves, como a gasolina, evaporam mais facilmente, quase na sua totalidade e os mais pesados, como o Bunker C, demoram mais tempo ou nem sequer chegam a evaporar. Este fenómeno é responsável pela perda de 20 a 50 % do derrame e é um fator tão significativo que, a evaporação de 40 % em peso de um hidrocarboneto implica o aumento de 10% da densidade, 400% do ponto de inflamação e mil vezes da viscosidade;
- **Dispersão natural:** este fenómeno depende da composição dos hidrocarbonetos e principalmente da energia do mar. A dispersão natural ocorre quando as gotículas de hidrocarboneto se juntam à coluna de água. Quanto mais pequenas forem as gotículas mais tempo se mantêm na coluna de água. Por isso, substâncias pesadas como o Bunker C não têm uma dispersão natural significativa. Uma composição rica em saturados e pobre em asfaltenos e resinas favorece a dispersão natural. Posteriormente, o material dispersado poderá ser degradado, subir à superfície, formando uma nova mancha, ou então associar-se a sedimentos;

- **Emulsificação:** a ação das ondas e do vento provocam a incorporação das gotas de água nos hidrocarbonetos. Este fenómeno altera a viscosidade e ocorre mais facilmente em substâncias com alto teor metálico, como os asfaltenos. As emulsões tornam-se mais viscosas quanta mais água for incorporada na substância, mas quanto mais viscosa for essa mesma substância menor é a incorporação das gotículas de água. A emulsificação é um fenómeno relevante porque aumenta o volume do derrame e a sua viscosidade, dificultando as operações de limpeza. Uma emulsão é quase impossível de dispersar, ser removida por skimmer ou ser queimada;
- **Dissolução:** neste processo, os compostos mais solúveis perdem-se para as camadas de água de baixo da mancha. Embora a dissolução não influencie o tamanho da mancha, já que a fração dissolvida é muito pequena, influencia a vida aquática devido à toxicidade particular dos compostos dissolvidos a esta população específica. Embora a toxicidade dificilmente seja fatal em alto mar, se o derrame ocorrer em águas baixas, aumentando assim a concentração desses compostos na água, poderá levar à morte da vida aquática;
- **Foto-oxidação:** quando atingem a mancha, os raios solares fazem com que o oxigénio combine com o carbono formando novos produtos, como resinas. Como são solúveis, as resinas poderão dissolver-se ou criar emulsões;
- **Sedimentação:** este fenómeno ocorre quando as gotículas dos hidrocarbonetos se ligam à matéria mineral presente na água e afundam. Uma vez no fundo, estas substâncias, ao serem cobertas por outros sedimentos, degradam-se muito lentamente, representando um ameaça para a vida aquática;
- **Aderência a superfícies:** tal como vimos anteriormente, os hidrocarbonetos aderem facilmente a outros materiais, sendo eles de origem natural ou antropogénica. Esta característica dificulta as operações de limpeza e o processo de degradação;
- **Biodegradação:** existe um grande número de microrganismos capazes de degradar e metabolizar alguns hidrocarbonetos como fonte de energia. Os hidrocarbonetos metabolizados são normalmente convertidos em compostos que poderão ser ainda mais facilmente degradados, solubilizados ou acumulados. Ou seja, muitas vezes a toxicidade dos produtos degradados é maior do que a dos produtos originais. A taxa de biodegradação depende principalmente da natureza dos hidrocarbonetos e da temperatura, sendo maior nos saturados e em temperaturas mais altas. A disponibilidade de oxigénio e de nutrientes é também um fator que favorece a biodegradação. Este processo é considerado um processo lento, visto que até as substâncias mais facilmente degradadas por microrganismos, como é o caso dos combustíveis *diesel*, demoram semanas a ser parcialmente degradadas em condições ótimas;

- **Formação de bolas (<10 cm) e tapetes (10cm - 1m) de alcatrão:** estas estruturas formam-se pela acumulação de hidrocarbonetos e representam o destino final de grande parte dos hidrocarbonetos derramados. A origem dos seus constituintes pode ser antropogénica (derrames acidentais, descargas operacionais, entre outras) ou natural (resíduos de infiltrações, entre outras).



*Figura 2-1- Principais processos de alteração após derrame (Medess4ms, s.d.).*

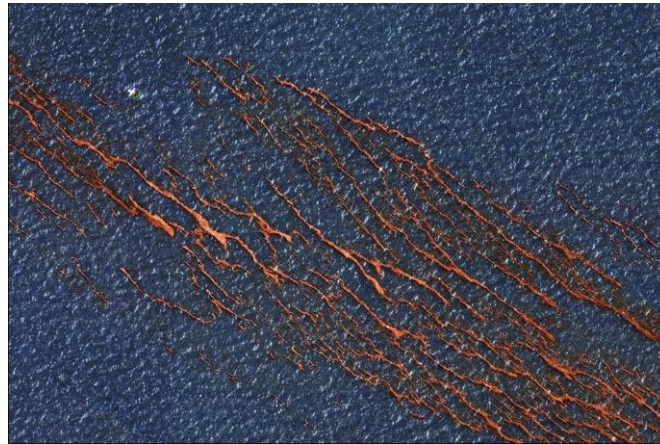
### 2.3.2 Movimentação do derrame

Os hidrocarbonetos espalham-se relativamente rápido após o derrame, espalhando-se mais rápido e por maiores áreas em água do que em terra. Mesmo que não exista vento ou correntes de água, este movimento ocorre devido à ação da gravidade e da tensão superficial, sendo que as substâncias mais leves, como a gasolina, se espalham mais facilmente do que as mais pesadas e formam manchas mais finas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Se a mancha se encontrar perto da costa e a velocidade do vento for inferior a 10 km/h, então a ação do vento é pouco importante em relação à ação da corrente superficial. Por outro lado, se a mancha estiver em alto mar e a velocidade do vento for maior do que 20 km/h, ambos os fatores devem ser considerados (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).



Às vezes, a mancha parte-se em faixas devido à influência das ondas ou das zonas de convergência ou divergência, figura 2-1. Estas zonas formam-se quando duas células de circulação vertical convergem (zona de convergência) ou divergem (zonas divergentes), fazendo com que a maior quantidade de hidrocarbonetos se concentre nas cristas das ondas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).



*Figura 2-2 - Efeito das ondas na mancha de hidrocarbonetos (Brown University, s.d.).*

Tal como foi falado anteriormente, quando a mancha atinge uma densidade superior à da água, afunda para camadas de água inferiores ou então para o fundo do corpo de água. Este fenómeno, embora raro, quando ocorre dificulta as operações de limpeza.

Por vezes, a água sobrepõem-se a manchas mais densas, “inundando-as”. Este fenómeno dificulta a sua localização porque, por vezes, desaparece de vista, principalmente se for feita uma observação oblíqua (exemplo: observação a partir de um navio) (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

## **2.4 Modelos de simulação do comportamento dos hidrocarbonetos**

Uma das melhores ações de defesa, no caso de ocorrência de um derrame é a previsão do seu comportamento. Felizmente, hoje em dia já existem programas de modelação matemática que fazem a previsão do comportamento da mancha.

Estes modelos conseguem prever onde estará a mancha, em que estado estará quando lá chegar e que quantidade já terá sido perdida ou transformada pelos fenómenos já referidos anteriormente. A dificuldade de prever a velocidade do vento e das correntes, representa o maior desafio à obtenção de resultados exatos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Hoje em dia, existem vários modelos disponíveis que seguem abordagens diferentes. Estes podem variar desde modelos de cálculo de vetor simples até modelos computacionais de três dimensões altamente sofisticados, que até têm em consideração os processos de alteração após derrame (The International Tanker Owners Pollution Federation, s.d.).

De maneira a modelar o comportamento de uma mancha, é necessário ter em consideração parâmetros, que embora variem de modelo para modelo, podem estar relacionados com o hidrocarboneto derramado e com as condições ambientais. No que toca a parâmetros relacionados com o hidrocarboneto importa conhecer o tipo, a quantidade e a taxa de libertação. No que toca a parâmetros ambientais, importa recolher informações sobre a velocidade e direção das correntes, velocidade do vento, temperatura da água, entre outras (The International Tanker Owners Pollution Federation, s.d.).

Em Portugal, a empresa HIDROMOD, Lda., desenvolveu uma série de *softwares* de modelação, tendo já sido selecionada pela IMO para instalar um sistema operacional de previsão do comportamento de derrames de hidrocarbonetos, aplicado a um caso real. O principal objetivo do projeto é implementar um sistema de resposta eficiente e eficaz capaz de melhorar a qualidade e o tempo de resposta durante um derrame de hidrocarbonetos (HIDROMOD, s.d.).

O *software* usa modelos hidrodinâmicos e de dispersão de hidrocarbonetos de modo a prever o movimento, trajetória, ponto de impacto com a costa e impacto dos poluentes nas zonas afetadas (HIDROMOD, s.d.).

Infelizmente, a eficácia dos modelos durante uma situação de emergência real pode ser desafiante. Isto, porque trabalham com uma grande quantidade de parâmetros, para os quais nem sempre é possível recolher informação em tempo útil (The International Tanker Owners Pollution Federation, s.d.).

É importante não esquecer que todos os modelos têm as suas limitações e por isso não devem substituir os métodos de observação que irão ser referidos mais à frente.

## **2.5 Transporte de hidrocarbonetos**

Inicialmente, as embarcações transportadoras de hidrocarbonetos estavam limitadas a transportar uma carga inferior a 10 000 toneladas (Santo, 2000). Graças ao aumento da procura, ao aparecimento de novas tecnologias e à criação de estratégias de otimização de operação, foi possível aumentar a capacidade das embarcações, aumentando, por isso, a quantidade de hidrocarbonetos transportados. Infelizmente, o crescimento do transporte de hidrocarbonetos ficou associado ao aumento de acidentes e de hidrocarbonetos derramados.

Atualmente, as embarcações destinadas ao transporte de hidrocarbonetos devem ser projetadas de maneira a evitar a poluição marinha associada a acidentes. Já existem embarcações com casco duplo, que mantêm a carga separada da água do mar através de um espaço vazio entre os cascos (Santo, 2000). O sistema AFRA (*Average Freight Rate Assessment*) usa uma escala que classifica os navios petroleiros de acordo com as suas toneladas de porte bruto (TDW), como se pode ver na Figura 2-3.

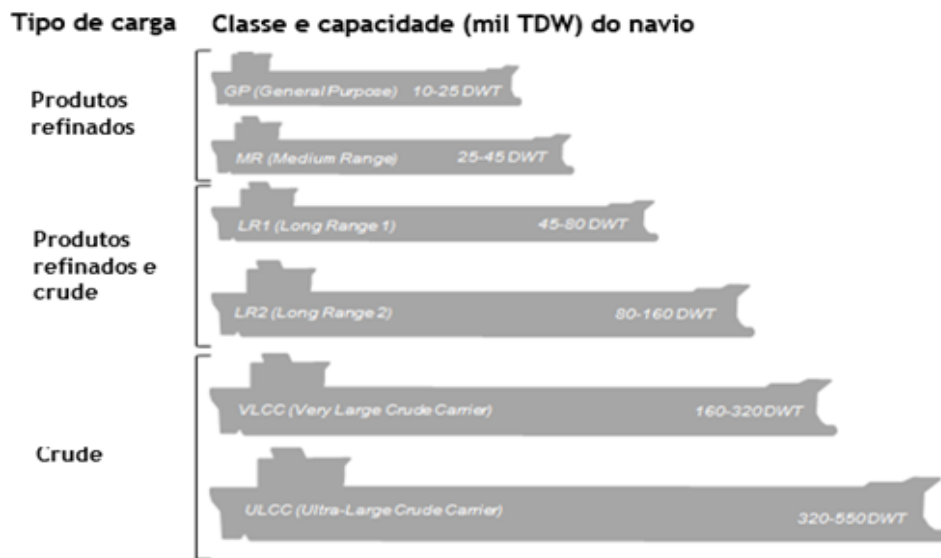


Figura 2-3 - Imagem representativa da escala AFRA (Hamilton, 2014)

## 2.6 Principais causas de poluição por hidrocarbonetos

O primeiro de muitos desastres ecológicos por derrame de hidrocarbonetos por rutura do casco, ocorreu no dia 18 de março de 1967, quando o petroleiro *Torrey Canyon* chocou contra um recife nas costas do Reino Unido e 123.000 toneladas de petróleo espalharam-se no mar, dando origem à primeira maré negra com 300 quilómetros quadrados, afetando 180 quilómetros de praias no Reino Unido e França (Gonçalves & Granzieira, 2012).

Além da origem destes acidentes, a poluição causada pela rutura de condutas e vazamento nas plataformas de petróleo, por descargas ilegais ou acidentes, é talvez a principal causa de poluição por hidrocarbonetos, como aconteceu em 22 de abril de 2010, a *Deepwater Horizon* da *British Petroleum*, lançou 627.000 toneladas de petróleo nas águas do Golfo do México (Gonçalves & Granzieira, 2012).

No entanto, os acidentes com maior impacto e derrame, nem sempre são os mais prejudiciais, pois é necessário avaliar o tipo de combustível, as condições climáticas conjunturais, a natureza e o perfil das costas atingidas, a sensibilidade e o tipo dos habitats, assim como o nível de informação, educação e consciencialização do público envolvido (Gonçalves & Granzieira, 2012).

### **2.6.1 Poluição operacional**

Parte da poluição por hidrocarbonetos está relacionada com derrames que ocorrem durante as operações de carga e descarga de hidrocarbonetos. Por isso, os locais onde se procede à carga e descarga destas substâncias, como os terminais petrolíferos, são os locais mais propícios a este tipo de poluição por hidrocarbonetos (Santo, 2000).

Estes acidentes operacionais podem estar associadas às seguintes causas (Santo, 2000):

- Rutura nas linhas de carga e descarga;
- Avaria nas válvulas de manobra das canalizações;
- Derrames provenientes de juntas defeituosas;
- Derrames provenientes de carga extravasada por fora das escotilhas;
- Erros na manobra das válvulas de fundo;
- Derrames provenientes da desunião das mangueiras.

### **2.6.2 Poluição por descarga de lastro contaminado e lavagem de tanques**

Ao descarregarem os hidrocarbonetos, os navios não tinham segurança de navegabilidade suficiente para voltarem aos portos de origem. Por isso, enchiam os tanques com água que se misturava com os restos da carga e voltavam aos portos de origem em “viagens de largo”. Infelizmente, chegando a alto mar, estes navios descarregavam a água contaminada de maneira a chegarem ao destino com os tanques já lavados ou então descarregavam-nos nas águas do porto (Santo, 2000).

Hoje em dia, é obrigatório que os navios de certas dimensões tenham instalados *slop tanks* (tanques de recolha de águas de dreno, águas de lavagem e outras misturas oleosas), “tanques de lastro segregado” e equipamentos de controlo de misturas oleosas. Chegando a um porto, estes navios devem descarregar os resíduos restantes para instalações recetoras próprias (Santo, 2000).

Também existem áreas especiais onde se constituíram métodos obrigatórios para a prevenção deste tipo de poluição (Santo, 2000).

### **2.6.3 Poluição por sinistros marítimos**

Os eventos de poluição por hidrocarbonetos que mais chamam a atenção das pessoas estão associados a acidentes de navios que levam ao derrame de grandes quantidades de hidrocarbonetos (Santo, 2000).

Estes acidentes originam as conhecidas “marés negras” e estão principalmente associados a encalhes, abalroamentos, explosões, incêndios, água aberta ou afundamentos (Santo, 2000).

Como grande parte destes acidentes são causados por erros humanos, é importante criar estratégias, tecnologias ou equipamentos que diminuam o risco de acidentes. Algumas das medidas que já foram criadas ou que continuam a ser aprimoradas incluem (Santo, 2000):

- O uso de um sistema de *Routing* instituído pela IMO. Este sistema inclui corredores obrigatórios que melhoram a segurança nas costas com maior tráfego naval;
- O desenvolvimento de novas estruturas das embarcações, nomeadamente os cascos duplos, tanques laterais de lastro, pavimentos intermédios, entre outras. Desta forma, as embarcações são mais resistentes e seguras;
- O uso de tecnologias de segurança nos equipamentos das embarcações;
- A melhoria da formação técnica das tripulações;
- O desenvolvimento de estratégias de prevenção e de combate à poluição.

Página em branco

## 3 Prevenção de derrames de hidrocarbonetos

### 3.1 Prevenção Internacional

A prevenção da contaminação do ambiente marinho causada pelo derrame de hidrocarbonetos transportados por navios, principalmente petroleiros, tem sido uma preocupação da ONU - Organização das Nações Unidas, que já em 1950, na Comissão de Transporte e Comunicação das Nações Unidas, transferiu para a IMCO - Organização Consultiva Marítima Intergovernamental, mais tarde sucedida pela IMO - Organização Marítima Internacional, a competência de realizar estudos sobre a poluição no mar (Gonçalves & Granziera, 2012).

Sobre este tema, o Reino Unido, em 1954, organizou uma conferência, em Londres com o objetivo de estabelecer uma convenção para tratar a poluição por hidrocarbonetos no mar, tendo por base o regulamento da IMCO. Desta forma 42 países seguiram a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por hidrocarbonetos - OILPOL/54, retificada em 1962 e 1969, até ao início da vigência do Protocolo de 1978, que ocorreu em 2 de outubro de 1983, referente à Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, de 1973, designados por MARPOL 73/78 (Gonçalves & Granziera, 2012).

No entanto, e já desde a OILPOL/54, tem havido uma grande dificuldade jurídica, quer na responsabilização quer na compensação por danos ambientais por derrames de hidrocarbonetos no mar. Isto é devido à possibilidade de uso da Bandeira de Conveniência que permite registar um navio numa Nação soberana diferente da dos seus proprietários e poder içar a bandeira do país do registo. Assim, os proprietários da embarcação conseguem reduzir custos, quer na mão-de-obra, não nacional, quer em incentivos fiscais e ambientais, e conseguem reger-se por regulamentos menos exigentes, beneficiando de facilitismos económicos e sociais (Gonçalves & Granziera, 2012).

Se por um lado as Nações de registo não fiscalizam nem fazem cumprir rigorosamente as normas e regulamentos nacionais ou internacionais, sobre essas embarcações, permitindo-lhes usufruir de vantagens a nível de segurança e equipamento de bordo, por outro lado o país afetado fica inibido de investigar, processar e punir os responsáveis por catástrofes ambientais marinhas por dificuldade de aplicação de responsabilidade ao Estado de Bandeira, devido à não exigência de vínculo deste com o navio (Sardinha, 2013).

O Registo Aberto de bandeira de conveniência do Panamá, verificado em outubro de 2010, é o maior do mundo, com 193,44 milhões de toneladas de capacidade, o equivalente a quase um quarto da tonelagem oceânica do mundo, seguindo-se a Libéria, com 99,10 milhões de toneladas e as Ilhas Marshall com 57,16 milhões de toneladas (Sardinha, 2013).

O alargamento do uso destas bandeiras foi muito criticado dentro e fora da indústria naval, por não atuarem a níveis adequados e internacionalmente aceites, no entanto, alguns analistas consideraram que a IMO só ratificou algumas convenções, devido ao apoio dos países de bandeira de conveniência, como o Panamá e a Libéria (Sardinha, 2013).

Os efeitos do encobrimento dos responsáveis pelo transporte marítimo internacional tem vindo a reduzir, refletindo-se no transporte marítimo de hidrocarbonetos. Isto deve-se ao facto de estar a ser introduzida mais responsabilidade social, sendo um dos fatores importantes a posição do grupo investidor ou com interesses na cadeia, uma vez que, este, valoriza mais as sanções de reputação do que as sanções legais, principalmente nos assuntos relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade (Gonçalves & Granzieira, 2012).

Também a regulamentação internacional tem vindo a introduzir novas exigências no transporte marítimo e no alcance da poluição decorrente de acidentes de derramamento de hidrocarbonetos, derivados por rotina operacional ou por rutura de casco do navio (Gonçalves & Granzieira, 2012).

A principal preocupação dos Estados da OILPOL/54 e da MARPOL, era a contenção de derrames provocados por rotinas operacionais de lavagem de tanques de lastro, carga e de saída de combustível do próprio navio (Gonçalves & Granzieira, 2012).

### **3.1.1 Atividades dos Estados-Membro e OPRC 1990**

A Convenção Internacional sobre a Preparação, Resposta e Cooperação face à Poluição por Hidrocarbonetos (OPRC 1990) é o acordo internacional que envolve vários Estados-Membros e em que se baseia a sua resposta política. Entrou em vigor no dia 13 de Maio de 1995 (European Maritime Safety Agency, 2004).

Ela inclui os seguintes elementos principais (European Maritime Safety Agency, 2004):

- Todos os participantes da Convenção necessitam de estabelecer medidas para lidar com os incidentes de poluição, a nível nacional ou em cooperação com outros países;
- Todos os participantes da Convenção são obrigados a prestar assistência aos outros em caso de uma emergência de poluição, sendo essa assistência reembolsada;
- Os navios são obrigados a comunicar os incidentes de poluição às autoridades costeiras e a convenção detalha as ações que deverão ser tomadas em seguida;



- A Convenção apela para o desenvolvimento de planos detalhados para lidar com incidentes de poluição, o estabelecimento de *stocks* de equipamentos de luta contra o derrame de hidrocarbonetos e a realização de exercícios de combate a este tipo de poluição.

### **3.1.2 Acordos regionais**

Com base, e em paralelo com a OPRC 1990, um certo número de estados costeiros concluíram acordos bilaterais e regionais com vista à assistência mútua no combate a um incidente de poluição. A Comunidade Europeia é também parte contratante dos acordos regionais mais relevantes a seguir descritos (European Maritime Safety Agency, 2004):

- A Convenção de Helsínquia;
- A Convenção de Barcelona;
- O Acordo de Bonn;
- O Acordo de Lisboa;
- A Convenção de Bucareste.

#### **3.1.2.1 A Convenção de Helsínquia**

A Convenção de Helsínquia (HELCOM), adotada em 1974 e vigorada em 1980, tem como principal objetivo a proteção do ambiente marinho do mar Báltico a partir de todas as fontes de poluição, não só por hidrocarbonetos. Esta convenção, abrange toda a área do Mar Báltico, incluindo as águas marítimas e fluviais, bem como o leito do mar (European Maritime Safety Agency, 2004).

Fazem parte da Convenção de Helsínquia a Dinamarca, a Estónia, a Finlândia, a Alemanha, a Letónia, a Lituânia, a Polónia, a Rússia, a Suécia e a Comunidade Europeia. Existem ainda membros com estatuto de observador, que são a Bielorrússia, a Ucrânia e os países do Acordo de Bonn (European Maritime Safety Agency, 2004).

A Comissão de Helsínquia adota várias recomendações, sendo que das dezassete recomendações respeitantes ao campo de resposta existentes, 6 delas foram identificadas como relatórios detalhados das partes contratantes. Essas 6 recomendações podem ser consultadas na tabela 3.1.

*Tabela 3.1 - Implementação das recomendações de resposta chave da HELCOM (European Maritime Safety Agency, 2004)*

Recomendação	Tópico	Implementação
11/13 (e diretrizes)	Capacidade nacional de resposta a derrames de hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas	Totalmente ou largamente implementada por 1/3 dos participantes
24/7	Desenvolvimento adicional e uso de mecanismos de previsão da deriva de hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas no mar Báltico	Totalmente implementada por todos os participantes
12/8 (e diretrizes)	Vigilância aérea na região do mar Báltico, usando equipamento de detecção remota	Totalmente ou largamente implementada por metade dos participantes
19/17	Medidas de combate da poluição por parte de unidades em alto mar	Não relevante para a maioria dos participantes
20/5 (e diretrizes)	Capacidade mínima de resposta a derrames de hidrocarbonetos em terminais	Totalmente implementada pela maioria dos participantes
22/2	Uso restrito de agentes químicos e de outros meios de combate não mecânicos nas operações de combate a hidrocarbonetos na região do mar Báltico	Totalmente implementada por todos os participantes

Também foram desenvolvidos manuais de resposta a derrames de hidrocarbonetos que fornecem detalhes operacionais quanto a estratégias de resposta e a acordos de assistência entre as partes contratantes (European Maritime Safety Agency, 2004).

À luz das mudanças políticas foi assinada em 1992 uma nova convenção por todos os países ribeirinhos do Mar Báltico, bem como a Comunidade Europeia, tendo entrado em vigor em 17 de janeiro de 2000 (European Maritime Safety Agency, 2004).

### **3.1.2.2 A Convenção de Barcelona**

Em 1975, foi criado o Plano de Ação para o Mediterrâneo (PAM) no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP), que levou à criação da Convenção de Barcelona, um ano depois de entrar em vigor, em 1978 (European Maritime Safety Agency, 2004).

Em 1995, foi adotado o PAM Fase II que se intitula "Meio Marinho e o Desenvolvimento Sustentável das Zonas Costeiras do Mediterrâneo". No domínio da poluição accidental o foco está na prevenção, preparação e resposta (European Maritime Safety Agency, 2004).

A Convenção de Barcelona é composta por uma série de protocolos relativos aos diferentes aspetos do ambiente marinho que tenham sido progressivamente adotados, ainda que nem todos validados. Os relativos a derrames de hidrocarbonetos e de materiais perigosos são:

- Protocolo sobre a Cooperação no Combate à Poluição do Mar Mediterrâneo por hidrocarbonetos e outras substâncias nocivas em caso de emergência, adotado em 1976 e vigorado em 1978;

- Protocolo sobre Cooperação na Prevenção da Poluição por Navios e em casos de emergência no mar Mediterrâneo, adotado em 2000 e vigorado em 2004 (European Maritime Safety Agency, 2004).

As partes contratantes são obrigadas a tomar medidas em termos de preparação e resposta à poluição accidental por hidrocarbonetos e outras substâncias nocivas. Isso inclui a formação de pessoal, desenvolvimento de planos de contingência e organização e participação em seminários e a realização de exercícios (European Maritime Safety Agency, 2004).

As nações participantes decidiram também criar o Centro de Resposta de Emergência à Poluição Marinha Regional (REMPEC) que é o principal centro de atividade em matéria de resposta à poluição por hidrocarbonetos no Mediterrâneo. As suas principais conquistas foram (European Maritime Safety Agency, 2004):

- A publicação de informação técnica e de materiais de treino;
- O desenvolvimento de uma vasta gama de recomendações e diretrizes relacionadas com a preparação e resposta para a poluição marinha accidental;
- O desenvolvimento do Sistema de Informação Regional (RIS), de uma base de dados sobre o Transporte De Substâncias Químicas (TROCS) e de uma base de dados sobre acidentes;
- A formação de mais de 2 000 responsáveis sobre derrames capazes de lidar com incidentes de poluição;
- A assistência direta aos 11 estados costeiros mediterrânicos no desenvolvimento dos seus sistemas nacionais de preparação, resposta e execução dos seus planos nacionais de contingência;
- A realização de um número de comunicações e exercícios de alerta;
- A organização de três principais exercícios em grande escala envolvendo pessoal, equipamentos, navios, meios aéreos e outros meios de vários países;
- A criação da Unidade de Assistência do Mediterrâneo (MAU), "serviço especializado" estabelecido pelas nações contratantes ao protocolo relativo à Cooperação no Combate à Poluição em casos de emergência;
- A transferência da experiência mediterrânea para as outras áreas marítimas da UNEP.

### **3.1.2.3 O Acordo de Bonn**

O Acordo de Bonn data de 1983 e ao contrário da HELCOM, foca-se na luta contra a poluição marinha por hidrocarbonetos incentivando os estados do Mar do Norte a melhorar conjuntamente a sua capacidade básica (European Maritime Safety Agency, 2004).

As partes contratantes do Acordo de Bonn são a Bélgica, a Dinamarca, a França, a Alemanha, os Países Baixos, a Noruega, a Suécia, o Reino Unido e a Comunidade Europeia. Entre aqueles com estatuto de observador estão a Irlanda, a Espanha, as nações da HELCOM e o REMPEC (European Maritime Safety Agency, 2004).

Os termos do Acordo de Bonn são (European Maritime Safety Agency, 2004):

- Definir procedimentos de notificação de incidentes a outros Estados-Membros;
- Promover a partilha de informações e recursos em resposta a um derrame;
- Incentivar a partilha de recursos de vigilância, como uma ajuda para detetar e combater a poluição e prevenir as violações dos regulamentos antipoluição;
- Incentivar os Estados-Membros a ir em auxílio de outros, fornecendo navios de combate e outros recursos, que serão reembolsados pelo Estado-Membro que solicita o auxílio.

Para efeitos de monitorização e controlo de derrames de hidrocarbonetos, a área do mar foi dividida em 8 zonas, cuja responsabilidade de supervisão é atribuída a cada um dos Estados contratantes, conforme a Figura 3-1 (European Maritime Safety Agency, 2004).



*Figura 3-1 - Zonas de responsabilidade do Acordo de Bonn (European Maritime Safety Agency, 2004).*

O Manual Contra a Poluição do Acordo de Bonn, que é atualizado continuamente, fornece orientações para a prestação de assistência a partir de um país para outro na forma de pessoal, navios e equipamentos para contenção, recuperação e armazenamento de substâncias perigosas. Um desenvolvimento mais recente foi o acordo sobre a observação visual da poluição e do poluidor (BAOAC), que fornece informação essencial sobre a aparência, o tamanho e a cobertura do derrame (European Maritime Safety Agency, 2004).

O Acordo de Bonn tem diferentes tipos de exercícios, como se pode consultar na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Tipos de exercícios do Acordo de Bonn (European Maritime Safety Agency, 2004).

Nome	Tipo	Objetivo
Bonnex Alpha	Exercício sintético	Criar discussão de problemas relacionados com a organização, comunicação, logística em ações de combate conjuntas que envolvam dois ou mais países contratantes.
Bonnex Bravo	Exercícios alarme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testar os procedimentos acordados e as linhas de comunicação de relato, de pedido ou assistência;</li> <li>• Possuir uma visão geral da prontidão de resposta atual dos países contratantes para pedir assistência.</li> </ul>
Bonnex Charlie	Exercício equipamento	Testar a cooperação entre as unidades de combate dos países contratantes respeitando a comunicação e o equipamento.
Bonnex Delta	Exercício operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testar os procedimentos de alarme e a capacidade e o tempo de resposta dos países contratantes;</li> <li>• Testar e treinar as funções de <i>staff</i> e a cooperação entre as unidades de combate dos países contratantes.</li> </ul>

Existem ainda exercícios adicionais organizados por países individuais ou grupos, sendo muitas vezes todas as partes contratantes convidadas a participar (European Maritime Safety Agency, 2004).

#### 3.1.2.4 O Acordo de Lisboa

O Acordo de Lisboa (1990) visa promover a assistência mútua entre França, Espanha, Portugal e Marrocos no combate à poluição marinha accidental. Segue os modelos do Plano de Ação para o Mediterrâneo, do Acordo de Bonn e da Comissão de Helsínquia (European Maritime Safety Agency, 2004).

A fim de cumprir os objetivos do Acordo de Lisboa, foi criado em 1991 o Centro Internacional de Resposta à Poluição do Atlântico Nordeste (CILPAN). O funcionamento deste centro é assegurado pelo Estado Português (European Maritime Safety Agency, 2004).

Prevenção, monitorização, formação e combate à poluição marinha por hidrocarbonetos e outras substâncias são as principais competências do acordo. Sob o acordo, os estados contratantes devem estabelecer as suas próprias organizações de resposta e planos de contingência nacionais, comprometem-se a avaliar incidentes de poluição, informar as outras partes contratantes e desenvolver atividades conjuntas de capacitação em intervalos regulares. O acordo também prevê a criação de "zonas de responsabilidade conjunta". Todos os Estados contratantes são obrigados a prestar assistência às outras partes, se necessário (European Maritime Safety Agency, 2004).

### 3.1.2.5 A convenção de Bucareste

A convenção de Bucareste foi assinada em Abril de 1992, tendo sido ratificada em 1994 por todos os países do Mar Negro, sendo elas a Bulgária, a Geórgia, a Roménia, a Rússia, a Turquia e a Ucrânia (The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, s.d.).

A sua estrutura base contém três protocolos que são o controlo de fontes de poluição terrestres, a descarga de resíduos e a ação de combate conjunta no caso de um acidente (The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, s.d.).

Os seus principais objetivos são (The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, s.d.):

- Prevenir a poluição por substâncias nocivas;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição causada por fontes terrestres;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição dos ambientes marinhos causada por navios, de acordo com as regras e padrões geralmente aceites;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição dos ambientes marinhos causada por situações de emergência;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição por descargas de resíduos;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição causada ou associada a atividades na plataforma continental, incluindo a exploração de recursos naturais;
- Prevenir, reduzir e controlar a poluição de origem atmosférica;
- Proteger a biodiversidade e os recursos vivos marinhos;
- Prevenir a poluição por resíduos nocivos durante o movimento transfronteiriço legal ou ilegal;
- Fornecer a estrutura para a cooperação científica e técnica;
- Fornecer a estrutura para a monitorização de atividades.

Na figura 3-2 está representado um esquema dos estados contratantes dos acordos referidos anteriormente.

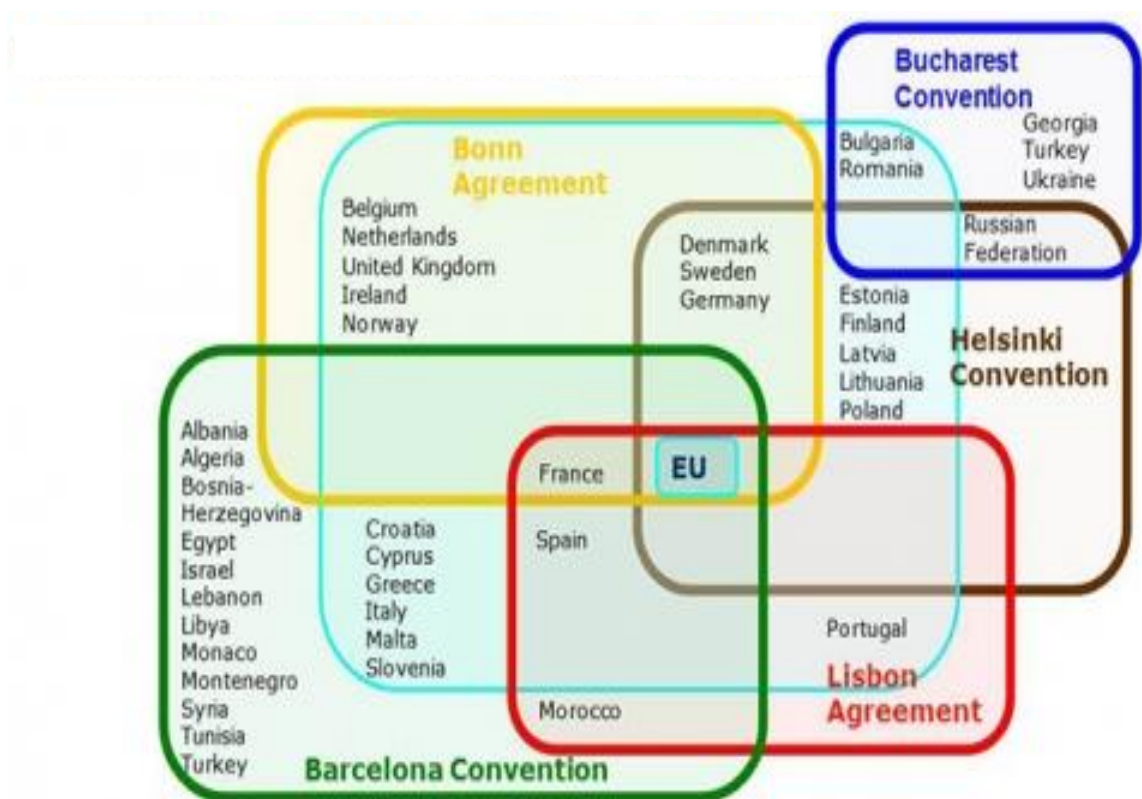


Figura 3-2 - Estrutura Internacional de combate à poluição marítima (Humanitarian Aid and Civil Protection, s.d.).

### 3.2 Prevenção nacional - O Plano Mar Limpo

O Plano Mar Limpo (PML), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, publicada no Diário da República, 1.ª série-B, n.º 88, de 15 de abril, de carácter operacional é “propiciador de uma atuação atempada, eficaz e concertada” e surgiu da necessidade de combater situações de poluição associadas ao tráfego marítimo, desde acidentes de petroleiros até descargas de água de lavagem e de lastro de petroleiros e outros navios, nos mares e nos portos (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

Esta Resolução veio definir normas de atuação, nas diversas ocorrências, aprovar o documento que regula a atuação do combate à poluição do mar por hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas, definidas no Plano de Emergência para o Combate à Poluição das Águas Marinhas, Portos, Estuários e Trechos Navegáveis dos Rios, por Hidrocarbonetos e Outras Substâncias Perigosas, designado por PML, e, criar uma comissão interministerial para supervisão global, com o objetivo de garantir que as normas criadas por este Plano sejam aplicadas de forma eficaz (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

### **3.2.1 Organização institucional**

O Plano Mar Limpo veio, também, incumbir, ao Sistema de Autoridade Marítima (SAM) a responsabilidade de condução das operações de combate à poluição por hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas nas águas, e ao Chefe de Estado-maior da Armada o emprego dos meios a utilizar nas ações de vigilância e combate à poluição, assim como, constituir um Conselho Consultivo do SAM, que emite pareceres e presta apoio humano e técnico, na aplicação das operações de combate (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

A SAM é responsável pela execução do PML, e essa responsabilidade pode ser atribuída à autoridade marítima nele integrada ou à autoridade portuária, de acordo com os seguintes graus de prontidão (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993):

- a) 4º grau - situação de ausência de ocorrência de poluição ou de ocorrência de pequenos derrames localizados que possam ser combatidos pelos meios locais (autoridade marítima portuária ou operadores locais);
- b) 3º grau - situação de ocorrência de poluição mais complexa mas ainda de âmbito local, a estabelecer pelo capitão do porto;
- c) 2º grau - situação de ocorrência que ultrapassa o âmbito local, obrigando ao uso de meios de combate regionais, a estabelecer pela autoridade marítima regional (chefe do Departamento Marítimo);
- d) 1º grau - situação de ocorrência que ultrapassa o âmbito regional, obrigando ao uso de meios de combate nacionais ou internacionais, a estabelecer pelo diretor-geral da Marinha.

Estes graus de prontidão são estabelecidos de acordo com a dimensão, complexidade, impacto ou recursos necessários ao combate da ocorrência de poluição concreta, podendo as suas regras de estabelecimento ser consultadas no ANEXO B da Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

### **3.2.2 Organização operacional**

Para que o Plano Mar Limpo tenha também um “enquadramento conceptual e de planeamento mais lato” foi determinado, na Resolução, que fosse elaborado um Programa Estratégico de Apoio ao Plano Mar Limpo (PE\_PML) que permita a viabilidade do PML e lhe dê coerência com outras políticas do Governo no respeitante à preservação do ambiente (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

O combate à poluição das águas marinhas, portos, estuários e trechos navegáveis dos rios, através do PML, engloba a fase de preparação e a de intervenção (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).



Na primeira fase (preparação) são incluídos os planos de intervenção, a efetivação de medidas de carácter logístico e organizacional, a formação técnica dos responsáveis e do pessoal de intervenção no combate à poluição e, a realização de exercícios periódicos, incluídos nos planos de intervenção para treinar os recursos humanos envolvidos nas diversas tarefas (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

Na segunda fase (intervenção) são incluídas todas as ações desde o momento da tomada de conhecimento do incidente até à eliminação dos resíduos recolhidos. Estas medidas devem ser orientadas pela autoridade responsável que coordena outras entidades públicas ou privadas que venham a ser chamadas a intervir (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

Em situações de derrame iminente de produtos geradores da poluição marinha, as entidades intervenientes devem adotar os princípios de (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993):

- Eliminação ou limitação do risco de poluição, através da introdução de medidas técnicas adequadas aos equipamentos possivelmente geradores de poluição, com o objetivo de repor a segurança e estabilidade funcional, ao nível do transporte dos produtos para locais mais seguros, ou a reparação dos equipamentos ou reforço das estruturas;
- Redução das consequências ao nível do impacto ambiental, tendo em atenção a proteção da saúde humana, a preservação dos recursos vivos, a manutenção das atividades que envolvam a sobrevivência humana e a proteção das áreas de recreio ou lazer;
- Redução do derrame nas águas marinhas, portos, estuários e rios navegáveis, através da utilização de estratégias e técnicas de combate que permitam a recolha do produto derramado o mais rápido possível, utilizando os procedimentos de contenção e recolha junto à fonte poluidora; contenção e recolha no mar; proteção física de locais sensíveis; recolha e limpeza das costas e margens atingidas; aplicação criteriosa de dispersantes; e transporte dos produtos recolhidos para tratamento e eliminação.

A organização operacional de combate de poluição do PML, de acordo com o grau de prontidão consta no ANEXO A da referida Resolução e a estrutura operacional no ANEXO C, estando as atribuições das entidades e organismos envolvidos cometidas às respetivas competências legais e dentro das capacidades de intervenção (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

As áreas de responsabilidade, no respeitante à execução do PML, são atribuídas conforme o grau e competência dos cargos (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

No âmbito do PML devem ser elaborados planos de intervenção a nível regional e local de acordo com o definido no Programa Estratégico de Apoio ao Plano Mar Limpo (PE\_PML), resultantes da concertação de todas as entidades e organizações envolvidas no PML, ou possam ser afetadas direta ou indiretamente. Desta forma, as autoridades marítimas, na fase de elaboração do plano de intervenção devem associar os diversos organismos estatais, regionais e autárquicos, autoridades portuárias, instalações de manuseamento de hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas, organizações humanitárias, de proteção da natureza, recreativas, profissionais ou outras ligadas ao meio marinho, empresas públicas ou privadas que possuam tecnologia e meios para possível intervenção (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

Esses planos são aprovados por despacho conjunto dos Ministros da Defesa e do Ambiente, após parecer do conselho consultivo, no qual serão fixadas as entidades a quem vão ser distribuídos, para ação e conhecimento. São revistos anualmente ou sempre que haja razões que o determinem (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

Quando um PML é aplicado, a autoridade marítima local, regional ou central, apoiada pelo conselho consultivo, devem fazer uma avaliação minuciosa dos prejuízos causados pela ocorrência de poluição e o levantamento dos encargos para efeitos de indemnização ou reembolso, designadamente, qualificar e quantificar a intervenção das seguradoras do responsável pela poluição, incluindo os meios disponibilizados, o ressarcimento das despesas e indemnizações aplicáveis; quantificar os danos e prejuízos causados aos bens públicos e privados e atividades económicas afetadas; quantificar as despesas efetuadas por todos os intervenientes nas operações levadas a cabo (Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93, 1993).

## 4 Métodos de deteção de derrames de hidrocarbonetos e de determinação da sua espessura

Tendo conhecimento da localização e movimento da mancha, as entidades responsáveis conseguem oferecer uma resposta mais rápida e eficaz, diminuindo os danos ambientais.

A técnica mais usada de deteção é, ainda, a deteção remota visual por um veículo aéreo, como os UAVs (veículos aéreos não tripulados) e os drones. A deteção radar por satélites também representa uma opção cada vez mais popular (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

A observação visual feita por especialistas é suficiente para concluir se ocorreu um episódio de poluição e se foi violada a Convenção MARPOL 73/78 - mas não é suficiente como prova, num processo de contraordenação ou judicial (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

### 4.1 Deteção ótica

#### 4.1.1 Deteção remota visível

Os hidrocarbonetos manifestam-se ao longo de todo o espectro visível, refletindo luz e apresentando um brilho cinzento, que muitas vezes é confundido com o brilho Solar (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

##### 4.1.1.1 Câmaras

As câmaras de vídeo representam o método de deteção mais convencional, podendo já ser obtidas imagens noturnas, usando tecnologia *light-enhancement*. Esta tecnologia também pode ser usada na deteção de hidrocarbonetos nas camadas inferiores das massas de água, usando câmaras aquáticas transportadas por um veículo de baixa velocidade (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Embora sejam a opção mais barata, as câmaras são um método pouco eficaz, não podendo operar em todas as situações (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

#### 4.1.1.2 *Scanners*

Antigamente, era comum o uso de *scanners* como sensores no espectro visível. Estes aparelhos, eram equipados com um espelho rotativo que percorria a área de interesse e direcionava a luz para um sensor. Os *scanners*, eram mais sensíveis e seletivos do que as câmaras e os seus sinais eram facilmente digitalizados e processados antes de serem exibidos (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Atualmente, graças aos geradores de imagem CCD (*charge-coupled device*) já não são precisos *scanners* para obter resultados similares. Esta tecnologia permite superar vários tipos de erros, sendo as suas unidades mais fidedignas do que as mecânicas, e os seus dados recolhidos simultaneamente para uma determinada linha perpendicular à trajetória do veículo aéreo (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Uma área que está em crescimento é a captura de imagens híper espectral. Nesta técnica, um espectrómetro recolhe centenas de imagens de diferentes comprimentos de onda, na mesma área. Infelizmente, esta técnica é muito complexa e demorada (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

#### 4.1.2 Detecção infravermelha

Os hidrocarbonetos absorvem a radiação Solar e reemitem-na em forma de energia térmica. De dia, a sua emissividade é inferior do que a da água e quanto mais espessa for a mancha, mais radiação é absorvida. Por isso, em imagens infravermelhas, as manchas espessas aparecem “quentes”, as intermédias aparecem “frias” e as pouco espessas não são detetadas (Long).

Por outro lado, à noite os hidrocarbonetos comportam-se de maneira diferente, visto que a sua perda de energia térmica é superior à da água. Assim, as manchas espessas aparecem “frias” em vez de “quentes” (Long).

As principais desvantagens dos sensores IV, são o facto de não detetarem manchas pouco espessas e emulsões, não fornecerem informações suficientes para as ações de contingência e serem suscetíveis a interferências de outros materiais ou substâncias. As principais vantagens e razões pela qual se usa esta técnica são o baixo custo do equipamento e a possibilidade de uso noturno (Santo, 2000).

#### **4.1.3 Detecção próxima do infravermelho (*near-infrared*)**

Embora não seja muito usada neste tipo de ocorrência, esta técnica tem sido estudada como mecanismo de estimativa da espessura da mancha. A detecção *near-infrared* pode também ser usada no estudo dos mecanismos de formação e estabilidade de emulsões (Fingas, Water-in-Oil Emulsions: Formation and Prediction, 2014).

Esta tecnologia já se encontra disponível nos satélites MODIS e MERIS e no sensor aéreo AVIRIS, tendo já sido usada no acidente que ocorreu na torre petrolífera *Deepwater Horizon* (Fingas, Water-in-Oil Emulsions: Formation and Prediction, 2014).

#### **4.1.4 Detecção ultravioleta**

Mesmo em manchas de baixa espessura, os hidrocarbonetos apresentam uma elevada reflexão da luz solar na gama UV. Por isso, podem-se usar sensores UV como mecanismos de detecção dessas substâncias. Esta técnica tem sido cada vez menos utilizada, devido às interferências do vento, do Sol e do material biogénico (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

#### **4.1.5 Detecção IV e UV combinada**

Por vezes, se bem que cada vez mais raro, usa-se a detecção IV combinada com a detecção UV. Assim, é possível saber a espessura de uma mancha (IV) e a sua área total de influência (UV) (Santo, 2000).

#### **4.1.6 Detecção ótica por satélite**

Antigamente, para que esta tecnologia funcionasse era necessário que o satélite passasse pela zona onde o derrame estava localizado num dia de céu limpo. Além dos satélites antigos terem “passagens” pelo derrame pouco frequentes, muitas vezes ocorriam em dias nublados. Isto, associado à demora de processamento de informação tornava a detecção de derrames de hidrocarbonetos por este tipo de satélites uma tarefa muito difícil (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Atualmente, já existem satélites com uma cobertura da Terra mais frequente e com novas tecnologias instaladas, como referido anteriormente, permitindo uma detecção mais eficaz. Mesmo assim, a presença de nuvens, o brilho do Sol e a reflexão de luz solar, são fatores que continuam a condicionar o processo de detecção (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

## **4.2 Sensores de fluorescência induzida por laser UV**

Os compostos aromáticos ao absorverem luz ultravioleta tornam-se eletronicamente excitados e emitem fluorescência, principalmente na região visível. Os sensores laser de fluorescência detetam esta radiação e por isso conseguem localizar substâncias que a emitam. Como existem poucas substâncias com esta característica e como as substâncias fluorescentes naturais emitem em comprimentos de onda diferentes das substâncias petrolíferas, esta técnica torna-se bastante útil na deteção de novas manchas e na distinção entre material contaminado e não contaminado (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Além disso, hoje em dia, a maioria dos sensores de fluorescência já possuem sistemas *range-gated*, possibilitando que o sensor se ligue apenas no momento exato em que se espera que o sinal volte da superfície da água. Com isto e omitindo a radiação proveniente da superfície, é possível detetar radiação fluorescente proveniente de camadas de água inferiores (Brown, Myslicki, & Fingas, 2003).

Esta tecnologia pode ser operada com eficiência tanto em água como em terra, podendo até ser usada em condições de neve ou gelo (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

## **4.3 Sensores micro-ondas**

### **4.3.1 Sensores micro-ondas passivos**

Estes sensores medem o reflexo de uma superfície quando esta é excitada por radiação proveniente do espaço. Como o fator de emissividade aparente da água (0,4) é diferente do fator dos hidrocarbonetos (0,8) e dos seus derivados, é possível que esta tecnologia detete estas substâncias. Além disso, usando esta tecnologia é possível medir a espessura e o volume da mancha (Pelyushenko, 1995). Tal como a deteção UV, esta tecnologia sofre interferências por parte do material biogénico, mas consegue atuar em condições noturnas e/ou de nevoeiro (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

### **4.3.2 Radar**

Os detetores radar conseguem captar a energia eletromagnética refletida pelas ondas capilares, criando imagens “brilhantes”. Como as manchas de hidrocarbonetos se sobrepõem às ondas, diminuem a sua capilaridade e por isso diminuem a reflexão. Assim, as manchas aparecem como imagens “escuras”. Esta tecnologia pode ser usada em veículos aéreos, náuticos ou até em satélites (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014; Singha, Vespe, & Trieschmann, 2013).

O contraste entre a mancha e a água à sua volta depende de certos fatores, tais como, a velocidade do vento, a altura das ondas e a quantidade e tipo de substância derramada. Por exemplo, velocidades do vento elevadas fornecem energia suficiente às ondas para que estas possam contrabalançar a sobreposição da mancha e velocidades reduzidas não oferecem energia suficiente para que se possa fazer uma distinção entre a mancha e a água à sua volta. Por isso, velocidades do vento inferiores a 1,5 m/s e superiores a 10 m/s diminuem a eficácia desta tecnologia, tal como a elevada interferência por parte de falsos objetos (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014; Singha, Vespe, & Trieschmann, 2013).

Os sensores radar conseguem cobrir áreas maiores do que qualquer outra técnica e operam em condições noturnas e de baixa visibilidade (nevoeiro e nuvens), o que torna esta técnica uma das mais usadas em alto mar hoje em dia (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014; Singha, Vespe, & Trieschmann, 2013).

Os sistemas de radar mais conhecidos, como os normalmente usados pelas entidades militares, são completamente diferentes e inadequados, pois são usados na detecção de pequenos objetos rígidos, tais como os periscópios dos submarinos (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014; Singha, Vespe, & Trieschmann, 2013).

As duas tecnologias radar mais comuns usadas na detecção de derrames de hidrocarbonetos são o *Side-Looking Airborne Radar* (SLAR) e o *Synthetic Aperture Radar* (SAR). O primeiro é mais antigo e usa uma antena longa para atingir resolução espacial, enquanto o segundo usa o movimento do veículo que o transporta para sintetizar uma antena muito longa. Embora os preços sejam muito diferentes, sendo o SLAR mais barato, o SAR tem um alcance e uma resolução superior (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014; Singha, Vespe, & Trieschmann, 2013).

Também existe a possibilidade de usar um sistema SAR polarizado, que diminui a interferência por falsos objetos (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

#### **4.4 Sensores sonoros**

As gotículas da coluna de água espalham sinais acústicos que permitem a detecção de hidrocarbonetos. Isto acontece porque estas substâncias são sonoramente absorventes e a generalidade dos materiais no fundo das massas de água são materiais duros com propriedades diferentes (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

## 4.5 Análises químicas

Também é possível realizar análises químicas, em laboratório ou *in-situ*, com o objetivo de detetar hidrocarbonetos, com a desvantagem de abrangerem áreas mais pequenas e poderem ser mais demoradas que as outras técnicas (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

## 4.6 Métodos de determinação da espessura

### 4.6.1 Sensores micro-ondas passivos

O sinal micro-ondas emitido é refletido do interior da mancha e cria uma ressonância que pode ser detetada. Como o sinal é cíclico, medindo mais do que uma frequência é possível medir a espessura (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

### 4.6.2 Tempo de viagem acústica

Um laser CO<sub>2</sub> instalado num veículo aéreo cria uma pulsação térmica na superfície da mancha, causada pela rápida expansão térmica. É então originada uma pulsação acústica de alta frequência que viaja até à interface inferior com água. Nessa interface, a pulsação é parcialmente refletida até à superfície. O tempo que o sinal acústico demora a percorrer a mancha e a voltar é usado para calcular a espessura (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

### 4.6.3 Visual

Para manchas de baixa espessura é possível criar um código de cor relativo para determinar a espessura pela aparência da mancha na água (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014). Esse código está apresentado na Tabela 4.1.

*Tabela 4.1 - Estimativa da espessura com base na observação visual (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).*

Observação	Espessura típica (mm)	Volume estimado (L/km <sup>2</sup> )
Pouco visível	0,00004	50
Película prateada	0,00007	100
Estrias de uma cor	0,0001	200
Película com cores vivas	0,0003	400
Película com cores baças	0,001	1 200
Película com cores escuras	0,003	3 600
Óleo preto	>0,003	Pouco fiável



A utilidade deste código é limitada visto que este código só é de confiança para espessuras muito finas. No caso de manchas muito espessas este código deixa de ser útil. Além disso, existem muitos fatores como a inclinação solar, o tipo de hidrocarboneto e as condições do mar, que influenciam a aparência da mancha (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

#### **4.6.4 Absorção próxima do Infravermelho**

Tal como foi referido anteriormente, esta técnica é maioritariamente usada na determinação da espessura da mancha. Através de espectroscopia e de uma tabela de calibração é possível usar a informação recolhida sobre a reflexão da radiação para calcular a espessura (Fingas & Brown, Review of oil spill remote sensing, 2014).

Página em branco

## 5 Estratégias de resposta a derrames de hidrocarbonetos

A eficácia de um plano de contingência é também definida pelas metodologias e equipamentos utilizados. É importante realçar que na maioria das situações não é escolhido um único equipamento mas sim uma combinação entre os mais adequados para cada situação concreta.

### 5.1 Barreiras de contenção (*booms*)

Depois de se ter localizado a mancha é importante proceder à sua contenção. Os equipamentos mais básicos e mais usados na contenção de manchas de hidrocarbonetos são as barreiras, cujos principais objetivos são (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)):

- Evitar que o hidrocarboneto se espalhe, reduzindo a sua área de impacto. Assim, é possível auxiliar e melhorar a eficiência dos mecanismos de recolha/tratamento;
- Desviar o hidrocarboneto de uma zona sensível, para um local mais adequado à sua recolha ou tratamento ou ambos;
- Proteger zonas sensíveis ou economicamente importantes, impedindo a passagem da mancha.

Para uma barreira poder conter eficazmente uma mancha de hidrocarbonetos precisa de flutuar suficientemente bem para equilibrar o peso da barreira com as forças das correntes de água e da ondulação. Também precisa de ser suficientemente flexível para se poder moldar ao movimento das ondas, sem que seja submergida e é importante que a barreira não perca a sua estrutura para que não haja fuga de hidrocarbonetos (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

#### 5.1.1 Estrutura

As barreiras são objetos mecânicos que têm uma parte submersa e uma parte emersa. A maioria destes mecanismos é constituída por cinco componentes: O meio de flutuação, o bordo livre, a saia, o elemento de tensão longitudinal e o lastro (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

O **meio de flutuação** mantém todo o equipamento a flutuar e pode ser constituído por um material sólido, autoinsuflável ou insuflado por um equipamento de fornecimento de ar. Os materiais sólidos mais usados são o poliuretano expandido e o polietileno. O meio de flutuação pode ser segmentado e deve ser flexível em relação à superfície das ondas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

O **bordo livre** é usado com o objetivo de evitar ou reduzir a passagem de hidrocarbonetos sobre a barreira e é normalmente composto por PVC, poliéster, *nylon* ou aramida. Por vezes também se aplica um *spray* protetor (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

A **saia** é uma parte submersa que ajuda a conter a passagem dos hidrocarbonetos por baixo do meio de flutuação. É normalmente constituída pelo mesmo material que o bordo livre (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

O **elemento de tensão longitudinal** está localizado no fundo da barreira e ajuda a resistir às forças do vento, ondulação e correntes. O elemento de tensão longitudinal pode ser uma corrente, um cabo metálico, cordas de *nylon* ou cordas de poliéster (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

Algumas barreiras possuem um lastro. Esta parte serve para manter a barreira na vertical. O lastro pode ser constituído por pesos de chumbo, correntes de ferro ou recipientes cheios de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

Algumas barreiras possuem um elo de ligação nas suas extremidades, usado para unir, ancorar ou rebocar barreiras (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### 5.1.2 Tipos

A classificação mais básica das barreiras é feita em função do seu formato. Nas barreiras em cerca, o bordo livre sobrepõem-se ao meio de flutuação. Este tipo de barreiras é barato mas pouco eficiente em condições de vento forte e correntes de águas rápidas. Nas barreiras em cortina não existe bordo livre. Este tipo de barreira é o mais adequado para fortes correntes de água. As barreiras de praia são normalmente constituídas por três tubos, sendo que dois deles (os inferiores) são enchidos com água para garantir a estabilidade que necessitam. Estas barreiras são usadas para garantir que os hidrocarbonetos não contaminem as praias (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). Na Figura 5-1 pode-se consultar um esquema representativo dos 3 principais tipos de barreiras de contenção e na tabela 5.1 algumas das suas características.

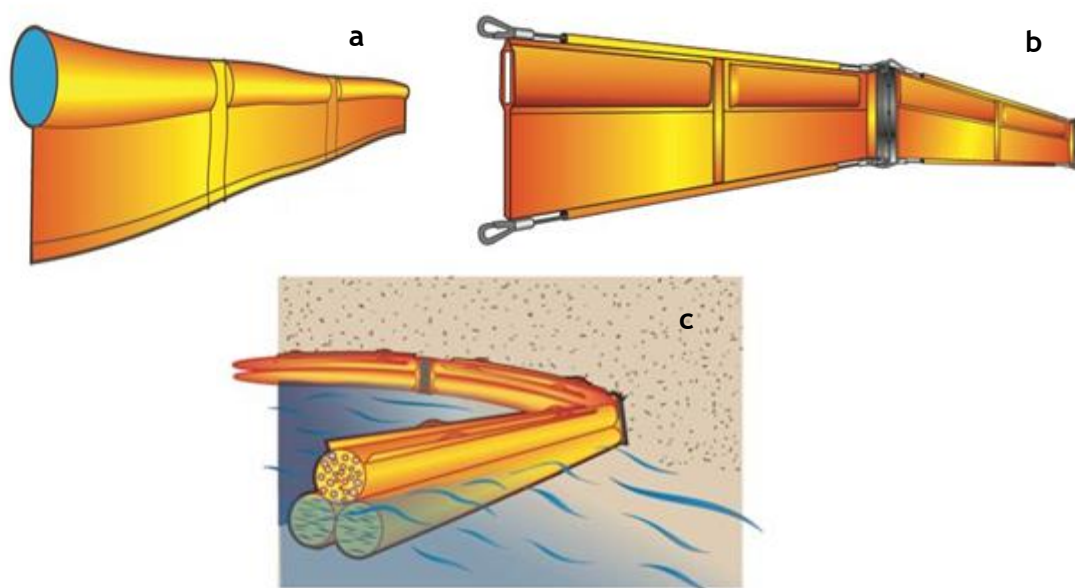


Figura 5-1 - Esquema representativo das barreiras do tipo cortina (a), cerca (b) e de praia (c)  
(Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013)

Tabela 5.1 - Características das barreiras mais comuns (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

Tipo de Barreira	Método de flutuação	Armazenamento	Adaptação à ondulação	Ancorada ou rebocada?	Limpeza	Custo relativo	Utilização preferencial
Cortina	Insuflável	Compacta quando vazia	Bom	Ambas	Simples	Alto	Na costa e no mar
	Espuma sólida	Volumosa	Razoável	Ancorada	Simples	Médio a baixo	Águas costeiras abrigadas
Cerca	Espuma	Volumosa	Má	Ancorada	Difícil/média	Baixo	Águas abrigadas
Praia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartimento superior insuflável;</li> <li>• Compartimentos inferiores cheios com água.</li> </ul>	Compacta quando vazia	Bom	Ancorada	Média	Alto	Ao longo de margens abrigadas com influência da maré (sem rebentação)

Existe ainda um tipo de barreira que não possui um elemento de tensão exterior. Estas são as barreiras mais raras e podem ser usadas em corpos de água com correntes fortes e em locais com gelo ou detritos (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

Devido às suas características adicionais existem algumas barreiras utilizadas em casos específicos, tais como:

- **Barreiras absorventes ou adsorventes:** este tipo de barreira não só contém os hidrocarbonetos como também os recolhe. São constituídas por um material poroso e absorvente, tal como o tecido de propileno. As barreiras absorventes são normalmente usadas como método final de limpeza em massas de água em que a quantidade de hidrocarbonetos é reduzida (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);
- **Barreiras químicas:** as barreiras químicas usam produtos químicos que modificam as características do hidrocarboneto, impedindo que ele se continue a espalhar (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);
- **Barreiras *tidal seal*:** este tipo de barreira, como a da Figura 5-2 é usado em condições de pouca profundidade e são usadas para manter uma ligação com o fundo da massa de água, independentemente da subida ou descida do nível de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);



Figura 5-2 - Barreira tidal seal (Markleen, s.d.).

- **Barreiras resistentes ao fogo:** quando se opta por uma queima *in-situ* é importante que as barreiras resistam ao fogo. A resistência ao fogo é possível através do uso de sistemas de refrigeração, tal como a bombagem de água para a superfície da barreira, ou através da construção de barreiras constituídas por materiais resistentes ao fogo. Visto que a capacidade de resistir ao fogo vai diminuindo, é necessário, que cada vez que se volte a usar a barreira, se garanta que esta ainda tenha integridade suficiente para resistir à queima *in-situ* (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013; International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014);

- **Barreiras para gelo:** as barreiras para gelo, ao contrário do que o próprio nome indica, não são usadas na contenção de gelo mas sim de hidrocarbonetos em águas com pedaços de gelo a flutuar. Este tipo de barreira é constituída por várias barreiras de pequena dimensão espaçadas entre elas. Desta forma, a água e os hidrocarbonetos passam, mas o gelo não (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). Na Figura 5-3 pode-se observar uma barreira para gelo;



*Figura 5-3 - Barreira para gelo (Hochanadel, 2010).*

- **Barreiras de ar:** um sistema de fornecimento de ar subaquático, como o da Figura 5-4, liberta ar para a superfície, formando uma cortina que impede a passagem ou desvia a mancha de hidrocarbonetos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);



*Figura 5-4 - Barreira de ar (Canadianpond.ca, s.d.).*

- **Redes:** as redes são usadas para recolher hidrocarbonetos viscosos, bolas de alcatrão ou material contaminado (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### 5.1.3 Disposição das barreiras

O objetivo principal das barreiras de contenção é, como o próprio nome indica, conter a mancha para que ela não se espalhe e para simplificar o processo de recolha ou o tratamento.

Quando a contenção é o objetivo das barreiras, as disposições mais usadas são as disposições em “U”, “V” e “J”, tal como representa a Figura 5-5 (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

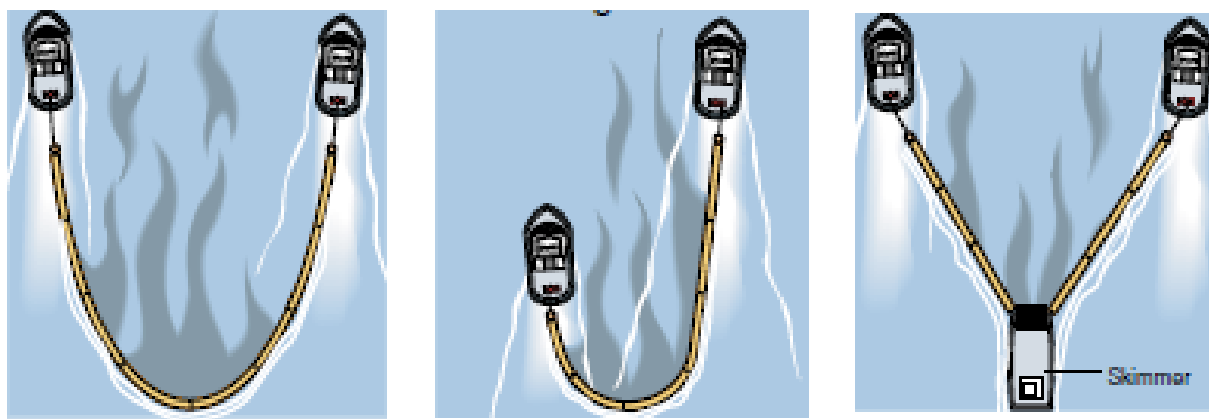


Figura 5-5 - Esquema representativo das disposições em “U” (esquerda), “J” (centro) e “V” (direita) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001)

Na disposição em “U”, a barreira é rebocada por uma embarcação em cada uma das suas extremidades. Outra maneira de aplicar esta técnica é ancorar a barreira em cada uma das suas extremidades e usar a força das correntes no centro da barreira para que esta se disponha em “U” (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

A disposição em “J” é uma variação da disposição em “U”, sendo que uma das embarcações ou âncoras está mais recuada (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Na contenção em “V” são usadas duas barreiras com um contrapeso no seu vértice. O contrapeso pode ser por exemplo um recuperador que vai recolhendo os hidrocarbonetos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Para que não haja perda de hidrocarbonetos é necessário que as barreiras sejam colocadas em áreas cuja velocidade da corrente seja inferior à sua velocidade crítica (0,5 m/s), velocidade essa que também não pode ser excedida no centro da barreira quando esta está a ser rebocada (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).



Por vezes, em casos em que a velocidade das correntes é superior a 0,5 m/s, utilizam-se as barreiras com o objetivo de desviar os hidrocarbonetos, figura 5-6. Para que não se ultrapasse a velocidade a partir da qual há perda de hidrocarbonetos, a barreira é disposta a vários ângulos de deflexão em relação à corrente. Estão apresentados na Tabela 5.2, alguns ângulos de deflexão em função da velocidade da corrente. Quando a disposição de uma barreira não se adequa à velocidade das correntes, é possível colocar várias barreiras em forma de “cascata” com o objetivo de desviar progressivamente a mancha para a área pretendida (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Tabela 5.2 - Ângulo de deflexão em função da velocidade da corrente (Fingas, *Oil Spill Science and Technology*, 2011).

Ângulo de deflexão (graus)	Velocidade da corrente (m/s)
90	0,5
75	0,5
60	0,6
45	0,7
35	0,9
15	1,9

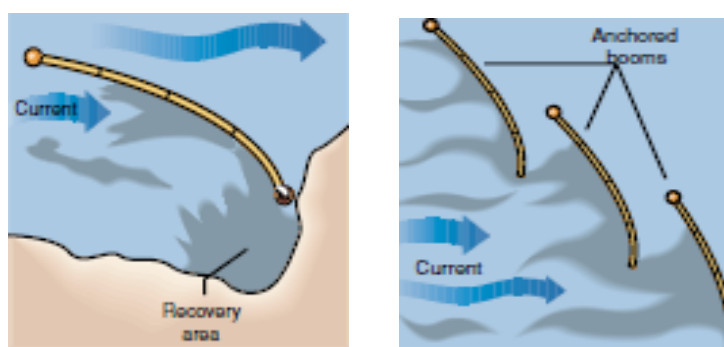


Figura 5-6 - Esquemas representativos do uso de barreiras para desviar a mancha de hidrocarbonetos. Sistema de uma só barreira (esquerda) e sistema em cascata (direita) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

O envolvimento de uma fonte de contaminação, demonstrado na Figura 5-7, é também um dos possíveis usos das barreiras de contenção. Desta forma, a barreira evita o espalhamento da mancha, evitando eventuais danos adicionais. Por vezes, usa-se esta técnica com o objetivo inverso, ou seja, envolve-se uma área sensível ou economicamente importante, mantendo os hidrocarbonetos de fora. Caso as áreas sensíveis sejam baías, grutas ou até pequenos rios usa-se a disposição em exclusão. Assim, prende-se as barreiras em cada um dos extremos de forma a bloquear o avanço da mancha, conforme a Figura 5-8 (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).



Figura 5-7 - Esquema representativo do envolvimento por barreiras de contenção (esquerda) e envolvimento do navio EXXON VALDEZ (direita) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup* , 2001; Taylor, 2014).



Figura 5-8 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de uma disposição por exclusão (Adiomas Services Pty Ltd, 2014; Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup* , 2001).

Por vezes, opta-se por uma disposição de arrasto, Figura 5-9. Nesta disposição, uma das extremidades da barreira é fixada à embarcação e a outra extremidade a um braço estendido perpendicularmente à embarcação. Usando esta disposição é possível agregar os hidrocarbonetos e recolhê-los com um recuperador (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).



Figura 5-9 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de uma disposição de arrasto (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM); Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup* , 2001).

#### 5.1.4 Principais falhas

Como já foi referido anteriormente, a velocidade das correntes pode condicionar a eficácia da barreira podendo conduzir à fuga de hidrocarbonetos. Outros fatores, como a velocidade do vento, a ação das ondas e o tipo de hidrocarboneto podem também ser responsáveis pelo mau funcionamento das barreiras. Posto isto, os tipos de falhas mais comuns, representados na Figura 5-10, são:

- **Falha por arrastamento:** se as correntes forem rápidas o suficiente, a turbulência na superfície faz com que se comecem a soltar gotículas de hidrocarboneto que escapam por baixo dela. Este fenómeno é mais provável que ocorra com hidrocarbonetos mais leves, como a gasolina (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)). Em massas de água com correntes superiores à velocidade crítica (0,5 m/s), este fenómeno é facilmente ultrapassado pela colocação da barreira no ângulo certo (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);
- **Falha de drenagem:** nas mesmas condições que as falhas de arrastamento, os hidrocarbonetos leves, formam gotículas que escapam da zona de acumulação da barreira, passando por baixo desta (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM));
- **Falha por acumulação crítica:** devido à sua elevada viscosidade, os hidrocarbonetos mais pesados são difíceis de ser contidos ou arrastados pela barreira. Por isso, quando se atinge a capacidade de acumulação crítica estes hidrocarbonetos são varridos por baixo da barreira (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM));
- **Falha por salpicos:** em condições de ação forte do vento, das ondas ou das correntes, a agitação da massa de água é de tal forma significativa, que origina salpicos de hidrocarbonetos, que escapam por cima da barreira (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM));
- **Falha por submersão:** embora não seja comum, se a flutuação ou a flexibilidade da barreira forem deficientes, a ação das correntes fortes pode provocar a submersão da mesma (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM));
- **Falha por alisamento:** este tipo de falha ocorre quando a barreira perde a sua disposição vertical. Correntes excessivamente superiores à velocidade crítica ou elementos de tensão superficial defeituosos são os principais responsáveis por este tipo de falha (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM));
- **Falha estrutural:** as falhas estruturais ocorrem quando há falha de um ou vários componentes da barreira ou esta é danificada por objetos rígidos, como o gelo e detritos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);

- **Falha em água pouco profunda:** embora seja raro o uso de barreiras em águas rasas, em condições de correntes fortes o fluxo de água por baixo da barreira aumenta. Juntamente com o fluxo de água escapam também hidrocarbonetos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

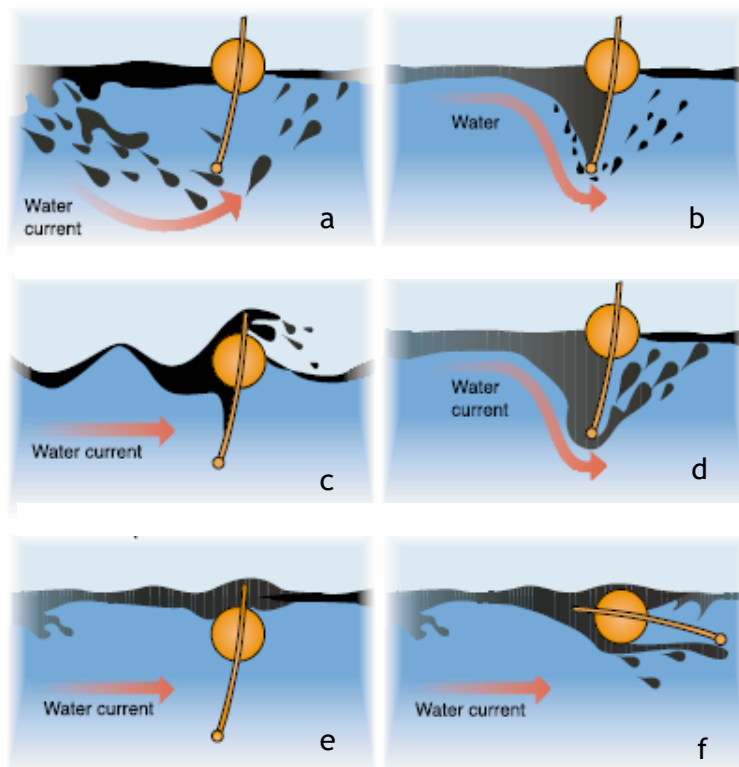


Figura 5-10 - Esquema representativo da falha por arrastamento (a), falha de drenagem (b), falha por salpicos (c), falha por acumulação crítica (d), falha por submersão (e) e falha por alisamento (f) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

## 5.2 Recuperadores (*skimmers*)

A recolha dos hidrocarbonetos é o passo subsequente à contenção ou desvio dos hidrocarbonetos. Para evitar eventuais processos de alteração, a ação de recolha deve iniciar-se o mais rapidamente possível após a contenção, sendo muitas vezes executada em simultâneo. Desta forma, também é possível aproveitar o aumento de espessura causado pelo uso de barreiras, aumentando assim a eficácia do processo.

O uso de recuperadores, ou *skimmers*, é uma das possíveis técnicas de recolha dos hidrocarbonetos. Os recuperadores são constituídos por 3 partes, um elemento de recolha, uma unidade de armazenamento e um sistema de transferência, que faz a ligação entre os dois elementos anteriores (Deepwater Horizon Response Incident Command Post, 2010).

## 5.2.1 Tipos de recuperadores

### 5.2.1.1 Recuperadores oleofílicos

Os recuperadores oleofílicos têm uma maior afinidade com os hidrocarbonetos do que com a água, facto que os torna eficientes nas operações de recolha em manchas pouco espessas. Depois de recolhidos, os hidrocarbonetos são raspados ou espremidos do recuperador e posteriormente transferidos para a unidade de armazenamento (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)). A eficiência destes aparelhos é superior na remoção de crudes leves (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

O elemento de recolha oleofílico pode ter uma das seguintes formas, sendo cada uma delas características de um subtipo de recuperador oleofílico:

- **Recuperador de discos:** este tipo de recuperador, Figura 5-11, é principalmente usado na recolha de crudes leves e é feito de aço ou cloreto de polivinilo. Pode ser usado na presença de ondas pequenas, de ervas ou detritos e como é de pequena dimensão é facilmente transportado por duas pessoas. As suas principais desvantagens são a sua lenta taxa de recolha e o seu fraco desempenho na recolha de óleos combustíveis leves e de hidrocarbonetos pesados. (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);

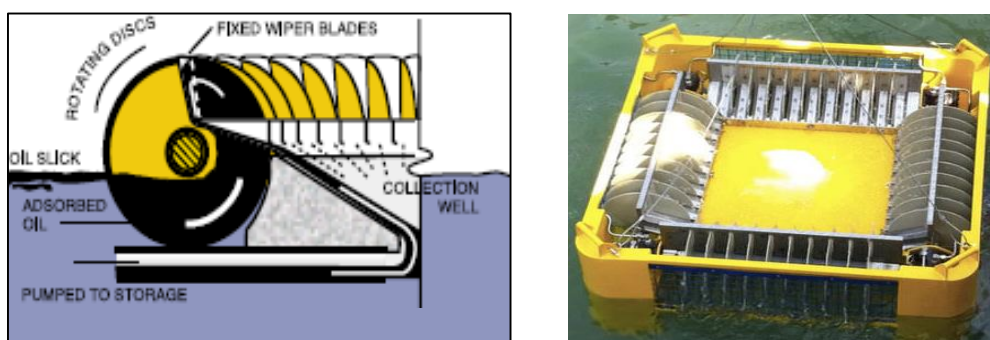


Figura 5-11 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador oleofílico de discos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup , 2001; Nautic Expo, s.d.).

- **Recuperador de tambor:** é principalmente usado na recolha de crudes leves e de óleos combustíveis e é constituído por aço ou polímero conforme a Figura 5-12 (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013);

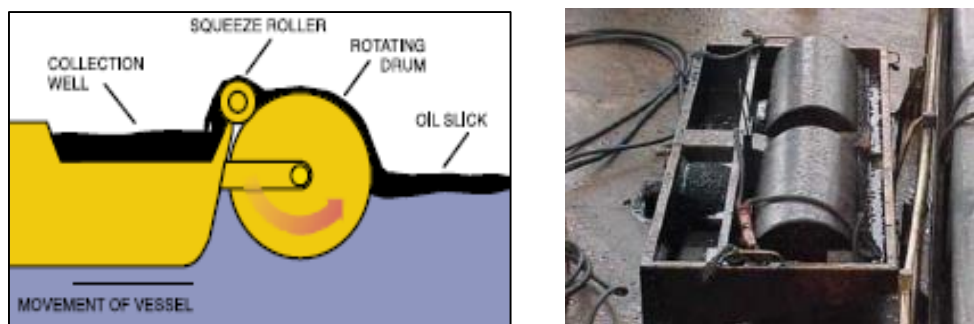


Figura 5-12 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador oleofílico de tambor (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM); Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

- **Recuperador de cinta:** este aparelho, figura 5-13 (esquerda), de grandes dimensões, é usado na remoção de hidrocarbonetos mais pesados, sendo que alguns são até desenhados com o objetivo de remover bolas de alcatrão. Usa uma cinta, que arrasta os hidrocarbonetos à medida que faz um movimento ascendente. O hidrocarboneto é posteriormente raspado e a cinta volta à sua posição original. Como o movimento ascendente da cinta faz com que a água se afaste do recuperador, é necessário aplicar uma força que encaminhe a água contaminada para o recuperador (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013);
- **Recuperador de cinta invertido:** o seu conceito é semelhante ao do recuperador de cinta normal, mas neste caso, a água não se afasta da cinta visto que esta arrasta os hidrocarbonetos por baixo de água, como se pode verificar na Figura 5-13 (direita) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013);

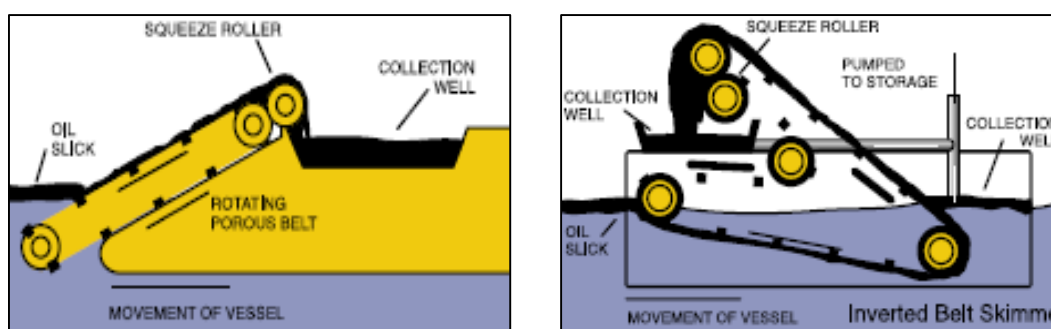


Figura 5-13 - Esquema representativo de um recuperador oleofílico de cinta normal (esquerda) e invertido (direita) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

- **Recuperador de escovas:** o tipo recuperador representado na Figura 5-14 tem uma estrutura parecida com os recuperadores de cinta e de tambor, com a diferença de a sua superfície de contato com os hidrocarbonetos estar coberta por escovas de plástico. Também é principalmente usado na recolha de hidrocarbonetos pesados e na presença de detritos ou gelo. O seu tamanho é bastante variado (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013);

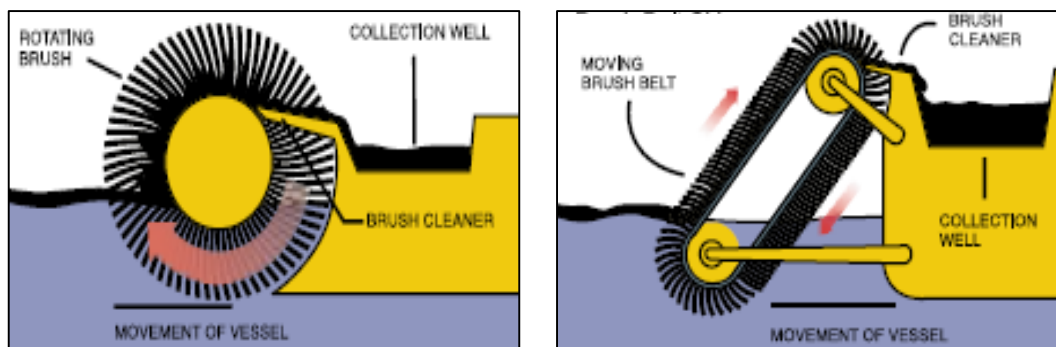


Figura 5-14 - Esquema representativo de recuperadores oleofílico de escova (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

• **Recuperador de cordão:** este tipo de recuperador pode estar disposto horizontalmente ou verticalmente. Nos recuperadores de cordão, Figura 5-15, os hidrocarbonetos são removidos por um ou mais cordões de polímero que será posteriormente torcido, com o intuito de armazenar o poluente. A sua eficácia é superior na remoção de hidrocarbonetos de viscosidade média e são particularmente úteis na recolha de hidrocarbonetos em águas com gelo ou detritos (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).

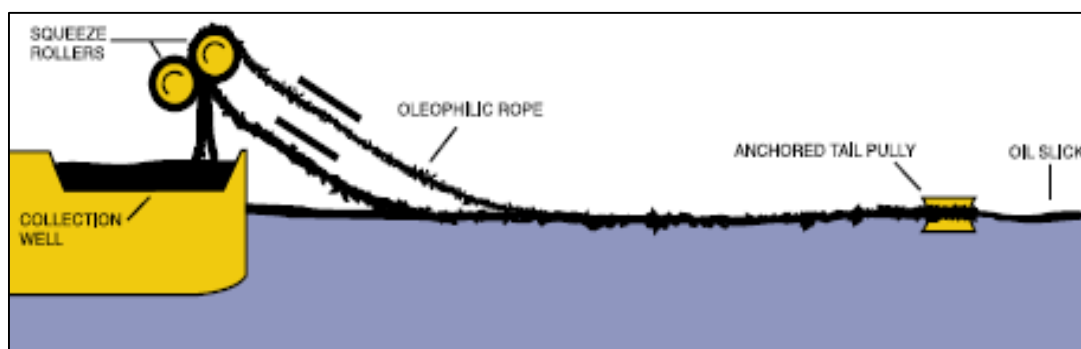


Figura 5-15 - Esquema representativo de um recuperador oleofílico de cordão horizontal (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2001).

#### 5.2.1.2 Recuperadores de acumulação (weir)

Este tipo de recuperador, Figura 5-16, recolhe os hidrocarbonetos através de drenagem gravítica seletiva e é bastante económico. É colocado na superfície que separa a mancha flutuante da água, encaminhando apenas os hidrocarbonetos para um reservatório submerso, de onde serão posteriormente retirados. Apesar de já existirem recuperadores de ajuste automático, a principal desvantagem desta técnica é a sua reduzida estabilidade em condições de água agitada. Por isso, e tentando diminuir a quantidade de água que verte para o reservatório, este tipo de recuperadores só deve ser usado em massas de água calmas. Além disso, não são eficazes na remoção de hidrocarbonetos pesados (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013) (Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM)).



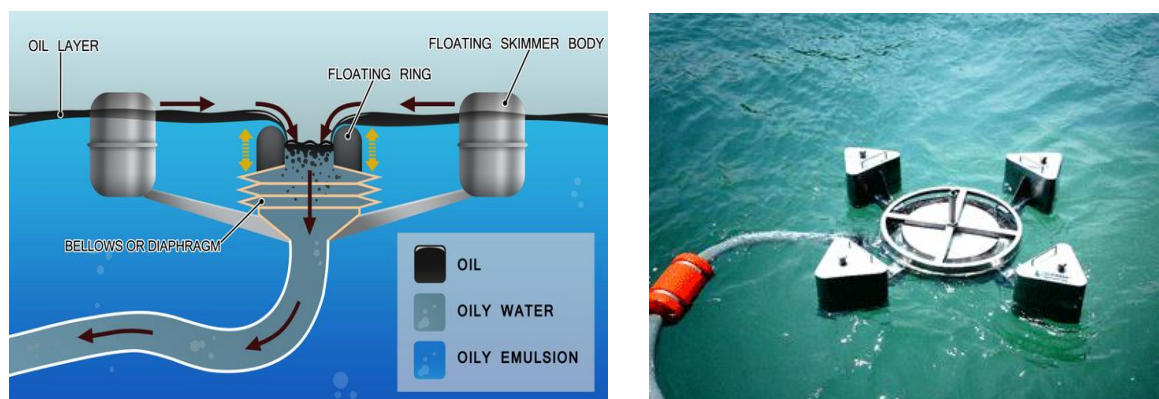


Figura 5-16 - Esquema representativo (esquerda) e imagem real (direita) de um recuperador de acumulação (Aquaquick Europe, s.d.) (Slickbar Indonesia, s.d.).

#### 5.2.1.3 Recuperadores de sucção

Os recuperadores de sucção, Figura 5-17, usam bombas ou sistemas de sucção de ar para remover os hidrocarbonetos diretamente da superfície da água para um reservatório. Neste caso, o elemento de recolha é uma das extremidades do sistema de transferência alargada. Este tipo de recuperador é mais eficiente na recolha de manchas de hidrocarbonetos leves e moderados e em zonas de pouca agitação. Este método é mais económico do que qualquer outro método que use um recuperador e é útil em águas de baixa profundidade, mas tem a grande desvantagem de recolher grandes quantidades de água juntamente com os hidrocarbonetos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).



Figura 5-17 - Imagem real de um recuperador de sucção (Elastec, s.d.).

#### 5.2.1.4 Recuperadores elevatórios

Os recuperadores usam transportadores gravíticos que elevam os hidrocarbonetos, desde a superfície da água até um reservatório. Os transportadores são quase sempre constituídos por cintas ou rodas com pás ou cumes e operam de forma mais eficaz em operações de recolha de hidrocarbonetos moderados a pesados e em operações em zonas de pouca agitação (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).



### 5.2.1.5 Recuperadores de submersão

Este tipo de recuperador utiliza superfícies inclinadas, que forçam os hidrocarbonetos a moverem-se para debaixo de água. Posteriormente, os hidrocarbonetos são separados do recuperador e movem-se até um reservatório na superfície, onde serão removidos. Esta técnica é relativamente rápida permitindo uma ação muito mais ampla do que as outras técnicas. Por outro lado, estes recuperadores são muito sensíveis a detritos, não podem ser usados em massas de água pouco profundas e só são eficazes na recolha de hidrocarbonetos leves (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

### 5.2.2 Eficiência

A eficácia dos recuperadores é avaliada pela quantidade de hidrocarbonetos recolhidos e pela sua taxa de recolha. Não só é importante que um recuperador recolha grandes quantidades do poluente, como também importa que recolha o mínimo de água possível, dependendo de fatores como a espessura da mancha, o tipo de hidrocarboneto recolhido ou as condições meteorológicas. (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Com exceção dos recuperadores oleofílicos, este tipo de mecanismo de recolha, é mais eficiente quando a mancha de hidrocarbonetos é relativamente espessa. Por isso, é que são muitas vezes usados em simultâneo com as barreiras, pois aumentam a espessura da mancha.

As condições meteorológicas também influenciam o desempenho dos recuperadores, sendo que a eficácia de recolha é deficiente na presença de ondas superiores a 1 m ou velocidade de corrente superior a 0,5 m/s (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

A presença de hidrocarbonetos extremamente viscosos, bolas de alcatrão, detritos ou gelo podem danificar ou entupir o elemento de recolha, diminuindo ou até anulando a eficiência de recolha (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

A emulsificação causada pelo recuperador e a sua capacidade de trabalhar eficazmente com detritos representam alguns parâmetros que também podem determinar o seu desempenho (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Interpretando os dados do Anexo A, pode-se concluir que os recuperadores oleofílicos são os que apresentam os valores mais elevados de percentagem de HC presentes no produto recolhido. Por isso, são os que recolhem menor quantidade de água e têm um melhor desempenho.

Quanto às taxas de recolha para cada tipo de hidrocarbonetos, os recuperadores com acumulador avançado apresentam resultados mais positivos para o *diesel* e os recuperadores com grande acumulador apresentam os melhores resultados para o crude leve. A taxa de recolha do crude pesado e de Bunker C é superior nos recuperadores oleofílicos com disco grande e nos recuperadores oleofílicos com cinta grande, respetivamente.

### 5.3 Materiais absorventes ou adsorventes

O uso de materiais absorventes ou adsorventes representa uma outra possibilidade de recolha de hidrocarbonetos derramados, removendo os hidrocarbonetos da água por absorção ou adsorção. Os materiais absorventes recuperam os hidrocarbonetos dentro dos seus poros enquanto os materiais adsorventes recuperam-nos na sua superfície.

Estes materiais podem ser de origem sintética, como os plásticos, natural orgânica, como a cortiça, ou natural inorgânica, como a argila (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013). Os materiais de origem natural possuem uma baixa capacidade de absorção/adsorção e de flutuabilidade e recolhem grandes quantidades de água, enquanto os materiais sintéticos possuem propriedades hidrofóbicas e oleofílicas favoráveis. Contudo, os materiais de origem natural são económicos, biodegradáveis e podem ainda ser tratados para melhorar o seu desempenho (Aydin & Sonmez, 2015). Na escolha do melhor material, os principais fatores que influenciam a decisão são: **capacidade de absorção/adsorção**, que deve possuir o valor mais elevado possível, permitindo uma maior quantidade de hidrocarboneto recolhido; **captação de água**, devendo assumir valores baixos, amentando a eficácia do processo; e **reutilização** quanto mais vezes puderem ser usados de forma eficaz mais economicamente rentável serão (Wu, et al., 2014). Infelizmente não existe nenhum material que consiga satisfazer todos estes parâmetros.

Embora possam ser usados como agentes primários de recuperação de hidrocarbonetos, principalmente em pequenos derrames, o uso deste tipo de materiais absorventes e adsorventes é maioritariamente escolhido como técnica de apoio a outros mecanismos, como os que já falamos anteriormente. São principalmente usados em condições em que a quantidade de hidrocarbonetos é reduzida, tal como em operações finais de limpeza, tanto da mancha como de equipamentos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Os materiais absorventes e adsorventes estão disponíveis em várias configurações: soltos (em grânulos, em pó, em pedaços ou em cubos), em placas, em rolo, em lençol, em almofada ou em tiras (“pompom”). Na Figura 5-18 podem ser observados algumas das configurações possíveis destes tipos de materiais.



*Figura 5-18 - Algumas configurações dos materiais absorventes ou adsorventes (Buffalo Industries, s.d.; SpillTech, s.d.).*

Existem algumas desvantagens e problemas associados ao uso desta metodologia. Primeiro e visto que muitas vezes é necessária uma ação rápida, a grande desvantagem desta opção é que a remoção dos hidrocarbonetos dos materiais é demorada, trabalhosa e por vezes tão dispendiosa que é mais rentável comprar novos materiais. Hoje em dia, esta desvantagem pode ser ultrapassada aplicando uma funcionalidade magnética ao material, que será posteriormente removido com um ímã (Raj & Joy, 2015). Em segunda mão, uma aplicação e monitorização descuidada pode também representar um problema em vez de uma solução. Por exemplo, a aplicação de uma quantidade excessiva deste tipo de materiais pode dificultar a ação dos recuperadores e de todo o processo de limpeza. Além disso, alguns materiais afundam e arrastam consigo os hidrocarbonetos, sendo prejudiciais para o meio aquático. Finalmente, o facto de os resíduos recolhidos terem de ser transportados para o seu destino final, implica que possam ocorrer algumas fugas, que em nada são benéficas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Fazendo uma análise do Anexo B, pode-se concluir, pela informação da percentagem de hidrocarbonetos recolhidos, que os produtos sintéticos são mais eficientes em relação aos produtos naturais. Quanto à taxa de recolha, as placas de polietileno têm os melhores valores para o Diesel. Para recolha de crude leve, os melhores materiais são também as placas de polietileno e as placas de poliuretano. Para o crude pesado e para o Bunker C, o material que obteve melhores resultados foram as placas de poliuretano.

## **5.4 Recuperação manual**

A recuperação manual, figura 5-19, é o método mais comum de limpeza costeira. As equipas de limpeza recolhem os hidrocarbonetos usando ancinhos, pás, mangueiras, sistemas de sucção e outros instrumentos, que são recolhidos em baldes e bidons, de modo a serem posteriormente tratados (American Petroleum Institute, s.d.).

Embora seja uma opção trabalhosa e demorada esta técnica é a que gera menos resíduos (American Petroleum Institute, s.d.). Nesta opção os hidrocarbonetos pesados são mais facilmente recolhidos do que os hidrocarbonetos leves. Além do seu tempo de operação, este procedimento envolve alguns perigos, como quedas (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).



*Figura 5-19 - Exemplos de ações de recuperação manual no derrame do navio EXXON VALDEZ (esquerda) e do navio PRESTIGE (direita) (Fobes, 1990; Leiro, 2002)*

## 5.5 Agentes de tratamento do derrame

Desde a utilização de dispersante até ao uso de agentes solidificadores, a aplicação de agentes de tratamento dos hidrocarbonetos representa uma possibilidade de resposta a um eventual derrame. Infelizmente, estes agentes nem sempre são eficazes e devem ser usados com cuidado. Aliás, antes da sua aplicação, a escolha de qualquer tipo de agente, que possa alterar as propriedades dos hidrocarbonetos, deverá ser aprovada pelas autoridades competentes.

### 5.5.1 Dispersantes

O uso de dispersantes faz com que pequenas gotículas de hidrocarbonetos dispersem ao longo das camadas superiores da coluna de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). Estas substâncias são principalmente constituídas por surfactantes, que não só diminuem a tensão superficial entre os hidrocarbonetos e a água como também diminuem a sua viscosidade. Desta forma, são criadas emulsões que serão rapidamente dispersadas, diminuindo o seu impacto negativo no meio aquático (Guodong, Yupeng, Xuhe, & Jie, 2015).

#### 5.5.1.1 Meios de aplicação

Além dos surfactantes, os dispersantes também são constituídos por solventes que permitem a sua pulverização na forma de *spray* por veículos aéreos ou navios (Fernandes R. , 2001).

Os principais meios de aplicação de dispersantes são os veículos aéreos. Estes podem ter várias dimensões, desde pequenos aviões de aplicação de pesticidas, cuja capacidade varia entre 250 e 1000 litros/carga, até grandes aviões de transporte, como o Hércules, que transporta cerca 20000 litros/carga. Embora os veículos de grandes dimensões tratem grandes quantidades de hidrocarbonetos em pouco tempo, esta opção pode ser muito demorada no reabastecimento de dispersantes (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Uma alternativa muito apelativa, devido à sua rápida cobertura de grandes áreas, é o uso de helicópteros. Estes veículos, equipados com “baldes” de aplicação de dispersantes com capacidades entre os 500 e os 2000 litros/carga, demoram apenas 1 ou 2 horas a ser reabastecidos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Existem igualmente sistemas de pulverização para embarcações, contudo, a sua capacidade de aplicação de dispersantes (10000 a 100000 litros/dia) é inferior à de apenas uma aeronave. Por isso são raramente utilizados no combate a derrames de grandes dimensões (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

O uso de navios é uma opção mais adequada no combate a derrames em portos ou águas interiores, enquanto os helicópteros e aviões com apenas um motor são mais eficazes em pequenos derrames e em zonas costeiras. Os veículos aéreos de maiores dimensões são principalmente utilizados em derrames de grande dimensão (Fernandes R. , 2001).

#### 5.5.1.2 Eficácia

A eficácia de um dispersante pode ser definida como a percentagem de um hidrocarboneto que vai para a coluna de água após aplicação de um dispersante. É influenciada por vários fatores, tais como, o tipo de hidrocarboneto, a energia do mar, o tipo e a quantidade de dispersante aplicado ou até a salinidade (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Como já foi referido anteriormente, os hidrocarbonetos com uma composição rica em saturados favorecem a dispersão natural. Já os hidrocarbonetos ricos em asfaltenos e resinas são mais resistentes à dispersão, mesmo sendo aplicado um dispersante em condições de elevada energia do mar (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Também existe uma relação entre a energia do mar e a eficácia dos dispersantes, sendo que os dispersantes são mais eficazes quanto maior for a energia da massa de água. Por isso, em massas de água com pouca energia é necessário aplicar grandes quantidades de dispersante, para que este seja eficaz (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013). Esta informação pode ser confirmada interpretando os resultados da tabela 5.3.

*Tabela 5.3 - Eficiência dos dispersantes em função da energia do massa de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).*

Hidrocarboneto	Eficiência inicial (% de hidrocarboneto na coluna de água)	
	Massa de água pouco energética	Massa de água muito energética
<i>Diesel</i>	60	95
<i>Crude leve</i>	40	80
<i>Crude médio</i>	10	60
<i>IFO 180</i>	5	10
<i>Bunker C</i>	1	1

Uma eficiente e adequada aplicação pode também garantir o sucesso dos dispersantes. Os dispersantes devem ser aplicados com sistemas adequados a cada situação. Se forem usados sistemas que apliquem gotículas pequenas a grandes altitudes, os dispersantes podem ser levados pelo vento e por isso acabam por ser aplicados em áreas que não eram as inicialmente definidas. Se os sistemas aplicarem gotículas grandes, os dispersantes vão romper a mancha e farão com que esta fique dividida por faixas (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

#### 5.5.1.3 Toxicidade

Desde o derrame do navio TORREY CANYON em 1967, que a toxicidade associada ao uso dos dispersantes tem sido motivo de preocupações. Desde então, têm sido desenvolvidos estudos com o objetivo de criar dispersantes com uma baixa toxicidade ambiental (Guodong, Yupeng, Xuhe, & Jie, 2015).

Em Portugal, segundo o Plano Mar Limpo, o uso de dispersantes não é recomendado, existindo até um regime de contraordenações (DL nº235/2000, de 26-Set) que pode penalizar o seu uso (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

A metodologia padrão de determinação da toxicidade é a medição da toxicidade aguda para uma determinada espécie padrão. Por isso, é necessário determinar o valor da Concentração Letal média (DL<sub>50</sub>), que representa a concentração (mg/L) necessária para matar 50% da população teste. Quanto menor for este valor maior será a toxicidade da substância estudada (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Antigamente, o valor  $DL_{50}$  para a maioria dos dispersantes variava entre os 5 e os 50 mg/L, representando uma toxicidade superior aos hidrocarbonetos. Hoje em dia, a sua toxicidade apresenta valores bem mais positivos (200 a 500 mg/L) (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Embora, hoje em dia, já tenham sido desenvolvidos dispersantes com um baixo impacto ambiental, o seu uso deve ser ponderado e estudado em função de cada caso em estudo.

Embora grande parte dos países europeus admita o uso de dispersantes, certos países como a França a Noruega e o Reino Unido só optam por esta estratégia depois de tomarem certas providências. Estes países testam a toxicidade das substâncias disponíveis e efetuam uma análise de vantagens e desvantagens para cada evento de poluição (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Analisando o Anexo C o dispersante mais tóxico é o Corexit CRX-8 e os menos tóxicos são o Neos AB3000 e o Corexit 9500.

### **5.5.2 Agentes de lavagem de superfícies**

Tal como os dispersantes, estes produtos são compostos por surfactantes. A principal diferença é que os surfactantes presentes nos dispersantes são igualmente solúveis nos hidrocarbonetos e na água, enquanto os surfactantes que fazem parte da composição dos agentes de lavagem são mais solúveis na água (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Estes produtos são usados na remoção dos hidrocarbonetos de superfícies sólidas, como praias, rochas e cimento, através de um processo de detergência que não envolve dispersão nem solubilização do hidrocarboneto na coluna de água (Koran, Venosa, Luedeker, Dunnigan, & A., 2009). Numa primeira fase, é necessário conter a zona que irá ser tratada com barreiras de contenção. Em seguida, são aplicados os agentes de lavagem que deverão ser posteriormente humedecidos por quanto tempo for possível. Por fim, são removidos por uma fonte de água de baixa pressão, juntamente com os hidrocarbonetos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Embora a sua toxicidade seja inferior à dos dispersantes, os agentes de lavagem arrastam os hidrocarbonetos para a água subterrânea, fazendo com que não seja uma opção ideal (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

No anexo D estão disponíveis informações sobre o desempenho de alguns agentes de lavagem de superfícies em testes de campo. O Corexit 9580 é o agente com melhor eficiência tanto em água doce como em água salgada. Além disso, este composto apresenta uma toxicidade reduzida.

### **5.5.3 Inibidores e separadores de emulsão**

Tal como foi referido anteriormente, a formação de emulsões aumenta o volume do derrame e a sua viscosidade, dificultando a sua dispersão, queima ou remoção por *skimmer*. Estes produtos impedem ou invertem este processo de emulsificação.

Existem dois tipos principais de inibidores e separadores de emulsões: os de sistema aberto, que são compostos com baixa solubilidade usados em alto mar e os de sistema fechado, que são compostos altamente solúveis usados em pequenas massas de água (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

A sua eficácia é medida pela quantidade mínima de inibidor ou separador necessária para prevenir ou quebrar uma emulsão estável (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### **5.5.4 Agentes viscoelásticos**

Os agentes viscoelásticos aumentam a eficiência de recolha dos hidrocarbonetos, aumentando a sua aderência. São extremamente úteis na recolha de compostos leves pouco aderentes mas são pouco eficazes em compostos que já são naturalmente aderentes, tal como o Bunker C (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Estes compostos são constituídos por um polímero não tóxico, que assume uma forma molecular encaracolada. Esta estrutura permite aumentar a aderência entre as porções de hidrocarbonetos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### **5.5.5 Solidificadores**

De maneira a facilitar as operações e recolha, estes agentes transformam o estado físico dos hidrocarbonetos de líquido para sólido (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Estes compostos são normalmente aplicados em pó e reagem e unem rapidamente as moléculas dos hidrocarbonetos. O uso de solidificadores não representa a melhor opção, porque a solidificação e o aumento da viscosidade dos hidrocarbonetos dificulta a sua recolha, como já foi referido anteriormente. Além disso, são necessárias quantidades exageradas destes compostos para tratar uma pequena quantidade de hidrocarbonetos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Interpretando os resultados apresentados no anexo E, pode-se apontar o agente constituído por cera em pó como o que oferece a melhor relação entre a percentagem solidificada e a toxicidade aquática.



### 5.5.6 Agentes favoráveis à biodegradação

Como o próprio nome indica, estes agentes aceleram o processo de biodegradação dos hidrocarbonetos. São usados principalmente em zonas costeiras ou até em terra. Isto porque, são mais eficientes quão menores forem o grau de diluição e a velocidade de movimentação da mancha (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Estes agentes incluem dois tipos de compostos, os que são constituídos por substâncias estimulantes (bio estimulantes) da atividade microbiana e os que são constituídos por microrganismos (bio ampliadores) que degradam os hidrocarbonetos (Fernandes R. , 2001).

Optando pelos bio estimulantes, o rácio hidrocarboneto-azoto-fósforo que mais favorece a ação microbiológica é o rácio 100:10:1. A bio estimulação é mais utilizada que a bio ampliação, visto que a maioria das espécies não nativas introduzidas não se adaptam de forma tão eficaz como as espécies nativas que já estão habituadas às condições ambientais específicas das zonas afetadas (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Infelizmente, escolhendo esta opção, a fração biodegradável (aromáticos e saturados) demora semanas a ser removida enquanto a parte não biodegradável dos hidrocarbonetos não é sequer removida, permanecendo no local contaminado (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

No âmbito do projeto ECORISK foi investigada a mitigação de hidrocarbonetos petrolíferos, avaliando o potencial da rizo remediação em sedimentos com diferentes características, colonizadas pela espécie *Juncus maritimus*. Esta espécie é comum em zonas sob influência marítima, mais especificamente em estuários de clima temperado. Foi também avaliada a eficiência da bio estimulação e da bio ampliação. Os resultados mostraram um maior potencial de degradação de hidrocarbonetos em sedimentos com baixa quantidade de matéria orgânica (MO) do que em sedimentos com alta quantidade de MO. Além disso, as estratégias de recuperação da diversidade bacteriana após um derrame podem melhorar a eficiência da biodegradação de hidrocarbonetos em sedimentos contaminados (Ribeiro, Almeida, Magalhães, Bordalo, & Mucha, 2015).

Também por uma equipa do CIIMAR, foi investigado o potencial de degradação de hidrocarbonetos das comunidades microbianas de uma praia nunca antes contaminada. Foram testados três tratamentos de bio remediação: um tratamento por bio estimulação, um tratamento por bio ampliação autóctone e um tratamento por combinação de bio estimulação e bio ampliação. Os resultados mostraram um aumento da solubilidade dos hidrocarbonetos e uma degradação significativa, principalmente na combinação da bio ampliação com a bio estimulação (Almeida, Reis, Couto, Bordalo, & Mucha, 2013).

## 5.6 Queima *in-situ* controlada

A queima *in-situ* controlada é uma opção baseada na combustão de hidrocarbonetos derramados. Este processo pode ocorrer na própria zona de derrame ou próximo dela (Fernandes R. , 2001).

A queima *in-situ* é a técnica mais indicada para o combate à poluição em massas de água remotas e/ou de difícil acesso a infraestruturas de combate. São por isso particularmente adequadas em zonas árticas ou pantanosas. (Buist, Potter, Nedwed, & Mullin, 2011).

### 5.6.1 Eficiência

A eficiência do processo é medida pela percentagem dos hidrocarbonetos iniciais que são removidos em comparação com a quantidade de resíduos que sobra (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Embora os primeiros estudos nesta área assumissem a ignição da chama como o fator mais importante na eficiência da queima, estudos recentes mostram que na realidade o mais importante é a espessura da mancha. Apesar disso, a ignição continua a ser um fator importante e torna-se difícil na presença de ventos com velocidades superiores a 20 m/s (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Quanto à espessura da mancha, se esta apresentar valores de pelo menos 2 - 3 mm é possível a ignição da mancha que continuará a arder até que assuma uma espessura de 1 - 2 mm. Se uma mancha de 2 mm de espessura arder até a 1 mm de espessura a sua eficiência será de 50%, mas se uma mancha de 20 mm arder até a 1 mm de espessura a sua eficiência será de aproximadamente 95% (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Em terra, a diminuição de espessura não é um problema visto que a fricção com a superfície em que se encontra dificulta o espalhamento. Já na água, não existem barreiras naturais que impeçam o espalhamento. Por isso, não usando equipamentos adicionais, é mais difícil acender e manter uma chama na água do que em terra (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).

Também o tempo de resposta representa um parâmetro importante para uma queima *in-situ* eficiente. Os hidrocarbonetos ardem de forma mais eficaz quanto mais cedo for executada a queima após o derrame. Desta forma, evita-se o espalhamento e a alteração da mancha, fatores que diminuem a eficácia da queima *in-situ* (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Caso ocorra um derrame de hidrocarbonetos pesados ou caso o seu grau de alteração já seja elevado, será necessária uma chama mais quente para que a queima seja eficiente (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Interpretando a segunda tabela do anexo F é possível recolher informações úteis relativas a determinados tipos de hidrocarbonetos, tais como a facilidade de queima e de ignição e a taxa de queima. Estas informações podem-se tornar bastante úteis na tomada de decisão em cada evento de poluição específico.

### **5.6.2 Equipamentos usados**

A escolha dos equipamentos usados nas ações de queima in-situ controlada depende de vários fatores, como a localização e o tamanho da mancha. Se o derrame ocorrer em terra, cujas características dificultem o espalhamento e a manutenção de uma espessura suficiente para que se forme chama, serão apenas necessários equipamentos de ignição e de controlo de fogo. Se ocorrer em solos porosos ou inclinados, além dos equipamentos referidos anteriormente, serão necessários sistemas de abertura de valas ou pás, de modo a que se forme uma “bacia de acumulação” que facilita a ignição. Caso o derrame ocorra na água, torna-se indispensável conter a mancha com barreiras de contenção resistentes ao fogo (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).

Os equipamentos de ignição são responsáveis por fornecer calor suficiente para que se forme chama. Estes equipamentos, podem ter vários graus de complexidade, desde sistemas especializados de aplicação de chama por meio aéreo até sistemas simples improvisados com materiais disponíveis no local (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).

No anexo F, estão apresentados alguns equipamentos de ignição e algumas das suas características.

### **5.6.3 Vantagens e Desvantagens**

Como a maioria das manchas ardem a um bom ritmo, esta é a única opção que possibilita uma remoção tão rápida de uma quantidade tão grande de hidrocarbonetos e uma menor quantidade de resíduos gerados (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Além disso, a queima in-situ implica uma menor mobilização de equipamentos e é muito mais simples e eficaz do que as restantes opções de limpeza. (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Infelizmente, as emissões de poluentes tóxicos para a atmosfera levantam algumas preocupações (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Por fim, um dos lados negativos da queima in-situ é o facto de nem sempre ser possível ou viável reaproveitar os hidrocarbonetos derramados (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

## 5.7 Equipamento auxiliar

Durante uma missão de combate a um derrame de hidrocarbonetos, são utilizados equipamentos que auxiliam os equipamentos primários durante as operações de contenção, recuperação ou lavagem.

### 5.7.1 Tanques flutuantes

Como aumentam a capacidade de armazenamento de hidrocarbonetos, os tanques flutuantes fazem com que as embarcações realizem menos viagens a terra para descarregar as substâncias recolhidas. Desta forma é possível aumentar o tempo de recolha e a eficácia de todo o processo.

Existem diversos tipos e modelos comerciais de tanques flutuantes, sendo alguns flexíveis, rígidos, rebocáveis ou que possam ser usados em terra (Aydin & Sonmez, 2015).

### 5.7.2 Bombas

Ao longo do processo podem ser usados vários tipos de bombas, que podem ter funções distintas, tais como (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011):

- **Bombas de água quente a jato:** estas bombas usam um jato de água quente para remover os hidrocarbonetos das zonas ou materiais em que assentaram. O calor e a pressão da água facilitam a sua remoção e por isso facilitam as ações de limpeza;
- **Bombas dos recuperadores:** associadas aos recuperadores, estas bombas ajudam na recolha dos hidrocarbonetos derramados;
- **Bombas submersíveis:** bombas que recolhem os hidrocarbonetos a partir do interior do fluído a recolher ou a movimentar;
- **Bombas de trasfega:** bombas que realizam a transferências dos hidrocarbonetos de um local para o outro;
- **Bombas de lastro de barreiras:** de maneira a que as barreiras mantenham a sua estrutura, são por vezes enchidas com lastro. Este tipo de bomba tem a função de encher as barreiras com lastro.

As bombas podem também ser classificadas pela maneira como são atuadas. Se atuam por motor de combustão interna são motobombas, se atuam por motor elétrico são eletrobombas e se atuam sob alta pressão são bombas pneumáticas (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

### 5.7.3 Material de proteção individual

As pessoas envolvidas ao longo de toda a missão de combate estão expostos a agentes tóxicos que podem prejudicar a sua saúde. Por isso, existem certos equipamentos que protegem as pessoas envolvidas, tais como fatos (integrais ou parciais), óculos, capuzes, máscaras, luvas ou botas (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Os fatos, que podem ser constituídos por materiais naturais ou sintéticos, são impermeáveis a gases, vapores, líquidos e químicos tóxicos e seguem os níveis de proteção da normalização americana (A, B, C, D). Estes níveis embora possam ser combinados, nunca podem ficar abaixo do nível adequado de proteção (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

#### Proteção de nível A

O objetivo dos fatos de nível A é proteger a pele, os olhos e o sistema respiratório dos vapores e líquidos tóxicos e da alta concentração de partículas. Têm uma validade de 10 anos e não são reutilizáveis (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Estes fatos envolvem totalmente a pessoa e de uma forma hermética. Incluem um sistema de respiração autónoma, cobertura integral da cara sobre o capacete, luvas (interiores e exteriores) e botas quimicamente resistentes. As botas possuem biqueira, palmilha em aço e sola antiderrapante (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Na Tabela 5.4 podem ser consultados os tempos de utilização dos fatos da classe A em função da temperatura ambiente.

*Tabela 5.4 - Tempos de utilização dos fatos da classe A (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).*

Temperatura ambiente	Tempo de utilização
> +30 °C	15 a 20 minutos
+25 °C a +30 °C	Não mais de 30 minutos
+20 °C a +25 °C	40 a 50 minutos
+15 °C a +20 °C	1,5 a 2 horas
< +15 °C	3 a 4 horas

### **Proteção de nível B**

Ao nível do sistema respiratório, os fatos de nível B oferecem uma proteção equivalente aos fatos de nível A mas com uma menor proteção da pele. A sua estrutura e os seus elementos assemelham-se aos de nível A, com a exceção de no nível B os fatos não serem herméticos. O seu uso é recomendado em atmosferas com menos de 19,5% de oxigénio e na suspeita de presença de gases tóxicos que não sejam nocivos para a pele (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

### **Proteção de nível C**

Estes fatos usam-se em casos de fraca nocividade para a pele e na presença de substâncias monitorizadas e tratáveis por purificadores de ar. Estes fatos incluem um purificador de ar, máscara (parcial ou integral) e luvas quimicamente resistentes. Existe também a opção de incluir capuz, botas e máscara quimicamente resistentes (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

### **Proteção de nível D**

Embora sejam fatos de corpo inteiro, como são constituídos por um tecido convencional, não oferecem uma proteção especial e são por isso usados em circunstâncias em que não estejam presentes substâncias nocivas ou tóxicas para os sistemas respiratório e tegumentar. Além do fato, neste nível de proteção podem estar incluídos equipamentos de proteção facial, luvas, capacete e botas (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

#### **5.7.4 Veículos**

Além das embarcações e meios aéreos já referidos anteriormente, equipamentos como tratores, guas, veículos de carga, veículos-cisterna e empilhadores são importantes e auxiliam ao longo de todo o processo. Os veículos de carga, como transportam os hidrocarbonetos recolhidos devem ser considerados veículos especiais e nocivos. Desta forma, é obrigatório que seja feito o planeamento da sua movimentação, por parte das autoridades autárquicas e dos transportes (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

## **5.8 Destino final dos resíduos recolhidos**

A eliminação ou o reaproveitamento de resíduos de hidrocarbonetos e de materiais contaminados representa uma das tarefas mais trabalhosas, mas também importantes, de uma missão de combate a um derrame de hidrocarbonetos. Tal como todos os resíduos, existe também para este tipo de resíduos, um sistema de legislação complexo.

### 5.8.1 Tipos de resíduos

Ao longo de toda a ação de combate à poluição por hidrocarbonetos são recolhidos diversos tipos de resíduos. Nas tabelas seguintes estão apresentados dois exemplos de sistemas de classificação de resíduos contaminados, Tabela 5.5, e de resíduos não contaminados, tabela 5.6.

*Tabela 5.5 - Resíduos contaminados com hidrocarbonetos (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014)*

<b>Categoria</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Líquidos contaminados</b>	Maioritariamente água contaminada com pequenas quantidades de hidrocarbonetos, com possível presença de matéria orgânica e mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquidos recolhidos das operações de lavagem de sedimentos ou equipamentos;</li> <li>• Água acumulada nas áreas de armazenamento;</li> <li>• Líquidos recolhidos pelos recuperadores.</li> </ul>
<b>Pastas e sólidos</b>	Pastas e sólidos constituídos maioritariamente por hidrocarbonetos ou constituídas maioritariamente por matéria mineral fina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolas de alcatrão;</li> <li>• Depósitos cerosos;</li> <li>• Areia ou sedimentos contaminados;</li> <li>• Solo contaminado.</li> </ul>
<b>Rochas</b>	Matéria mineral grosseira com baixo teor em água.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seixos;</li> <li>• Cascalho.</li> </ul>
<b>Materiais absorventes e adsorventes</b>	Materiais naturais ou sintéticos usados para absorver ou adsorver os hidrocarbonetos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esfregonas;</li> <li>• Almofadas;</li> <li>• Folhas.</li> </ul>
<b>Matéria orgânica</b>	Material constituído maioritariamente por matéria vegetal contaminada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algas;</li> <li>• Vegetação costeira;</li> <li>• Vegetação terrestre.</li> </ul>
<b>Resíduos sólidos</b>	Vários tipos de material sólido que foi contaminado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos de proteção pessoal;</li> <li>• Equipamentos de limpeza usados.</li> </ul>
<b>Fauna contaminada</b>	Fauna contaminada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aves;</li> <li>• Peixes;</li> <li>• Mamíferos;</li> <li>• Repteis.</li> </ul>

*Tabela 5.6 - Resíduos não contaminados (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).*

<b>Categoria</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Destroços não contaminados</b>	Resíduos sólidos móveis que foram contaminados à medida que a mancha ia avançando. Geralmente possui uma natureza inerte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madeira</li> <li>• Plásticos</li> <li>• Brinquedos</li> <li>• Metais</li> </ul>
<b>Matéria orgânica não contaminada</b>	Matéria vegetal ou animal (excetuando madeira) que se decompõe rapidamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algas</li> <li>• Vegetação solta</li> <li>• Carcaças animais</li> </ul>
<b>Materiais sólidos “industriais”</b>	Resíduos sólidos produzidos no local de resposta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embalagens dos equipamentos de resposta</li> <li>• Recipientes de dispersantes vazios</li> <li>• Baterias</li> </ul>
<b>Mistura água/espuma de combate de incêndios</b>	Resíduos líquidos com uma necessidade de oxigênio e toxicidade elevada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vários tipos de espuma</li> </ul>
<b>Resíduos de cozinha</b>	Resíduos sólidos compostos por restos de comida ou produtos de preparação e fornecimento de comida e de bebida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restos de comida</li> <li>• Pratos e talheres descartáveis</li> <li>• Guardanapos de papel</li> <li>• Embalagens de comida                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Latas</li> <li>• Frascos</li> </ul> </li> </ul>
<b>Resíduos hospitalares</b>	Diversos materiais relacionados com primeiros socorros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seringas e agulhas</li> <li>• Ligaduras</li> <li>• Gesso</li> </ul>
<b>Águas cinzentas</b>	Maioritariamente água com detergentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas de lavagem da cozinha</li> <li>• Águas de lavagem das casas de banho</li> </ul>
<b>Saneamento</b>	Saneamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saneamento</li> </ul>
<b>Resíduos de escritório</b>	Resíduos produzidos nos centros de resposta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Embalagens de plástico</li> <li>• Cartuxos de impressoras gastos</li> <li>• Baterias</li> </ul>

### 5.8.2 Quantidade de resíduos recolhidos

A quantidade de resíduos recolhidos é influenciada por vários fatores como a quantidade de hidrocarboneto derramado e a estratégia de combate escolhida. Devido à variabilidade destes fatores é impossível estimar, de uma forma precisa, a quantidade de resíduos gerados (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).



De qualquer das formas, seria importante garantir uma estimativa precisa dos resíduos gerados, facilitando a tarefa de gestão de resíduos e a mobilização de recursos para este fim. Felizmente, têm sido desenvolvidos modelos computacionais com o objetivo de melhorar a estimativa e consequentemente a gestão de resíduos (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).

### 5.8.3 Fins para os resíduos

Idealmente, a melhor opção seria recolher os resíduos e reaproveitá-los. Infelizmente, não é possível recolher a totalidade dos hidrocarbonetos derramados, visto que existe sempre uma fração que se perde.

Por vezes, o facto do processo de separação da água dos hidrocarbonetos ser difícil ou a contaminação dos materiais ser tão significativa, leva a que nenhuma porção dos hidrocarbonetos derramados seja aproveitada.

Mesmo assim, em determinadas situações é possível reutilizar diretamente os hidrocarbonetos através do seu reprocessamento numa refinaria ou do seu uso como combustível para aquecimento. Os hidrocarbonetos mais pesados, estando suficientemente livres de outros materiais ou estando misturados com materiais com a consistência certa, como a areia, podem ser misturados com o asfalto e ser usados nas estradas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

A inceneração, por ser relativamente rápida, é a opção mais comum quando se trata da eliminação de hidrocarbonetos misturados com outros materiais, que não sejam produtos minerais, como a areia e o cascalho. Infelizmente, esta opção possui um custo associado muito elevado e precisa de ser aprovada pelas autoridades governamentais. Existem também opções, pouco usadas, que utilizam máquinas de lavagem e de tratamento térmico que separam os hidrocarbonetos da areia e do cascalho (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Por vezes, os materiais contaminados, os materiais absorventes e adsorventes e os materiais da praia são dispostos em aterros. Para que isto seja possível é necessário garantir que os hidrocarbonetos não contaminem as águas subterrâneas (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Parte da água contaminada pode voltar à sua massa de água original, se os seus teores de hidrocarbonetos não ultrapassarem a quantidade máxima legalmente estipulada.

Página em branco

## 6 Orientações para uma missão de combate à poluição por hidrocarbonetos

### 6.1 *The Basics of Oil Spill Cleanup*

O autor desta bibliografia oferece algumas sugestões quanto à preparação da resposta a um derrame de hidrocarbonetos.

Segundo determinados estudos no início dos anos 70, a resposta a eventos de poluição por hidrocarbonetos falhava não só por falta de equipamento e técnicas especializadas mas também pela falta de organização e informação para lidar com estas emergências. Desde então, os planos de contingência têm evoluído grandemente (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

A maioria dos planos de contingência inclui (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013):

- Uma lista de pessoas e agências a notificar logo que ocorra o derrame;
- Um quadro de organização do pessoal de resposta e uma lista das suas responsabilidades;
- Uma lista das ações a tomar nas primeiras horas após o incidente;
- Planos de ação específicos para determinadas áreas;
- Uma rede de comunicação que garanta que a resposta é coordenada em toda a equipa de resposta;
- Prioridades de proteção para as áreas afetadas;
- Procedimentos para controlar e limpar o derrame;
- Material de referência, por exemplo, mapas de sensibilidade;
- Procedimentos de informação à população;
- Um inventário ou uma base de dados do tipo e da localização do equipamento e outros recursos disponíveis;
- Cenários para derrames típicos e árvores de decisão para determinados tipos de resposta.

#### 6.1.1 Formação

Uma formação prévia, planeada com qualidade, é vital para que as posteriores ações de resposta sejam eficientes e eficazes. É importante que haja formação nas operações específicas e no uso dos equipamentos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Além disso, é necessária uma formação sobre segurança geral, evitando-se assim eventuais danos humanos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### **6.1.2 Organização estrutural de resposta**

A maioria dos planos de contingência define a estrutura de resposta para que os cargos e as sequências de comando sejam compreendidos e respeitados (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.2.1 Comandante Geral:**

O Comandante Geral deve (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013):

- ter experiência em operações de resposta a derrames;
- tomar as grandes decisões e ações;
- garantir que a operação seja coordenada e sequenciada;
- garantir que existe um sistema de comunicação funcional.

#### **6.1.2.2 Delegado do Comandante Geral:**

Deve existir no mínimo um Delegado do Comandante Geral que substitui o Comandante Geral, caso este não possa continuar a exercer as suas funções (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.2.3 Estrutura adicional**

O Comandante conta com várias equipas totalmente treinadas cujos deveres estão definidos no plano de contingência (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013). A organização estrutural típica está representada na figura 6-1.

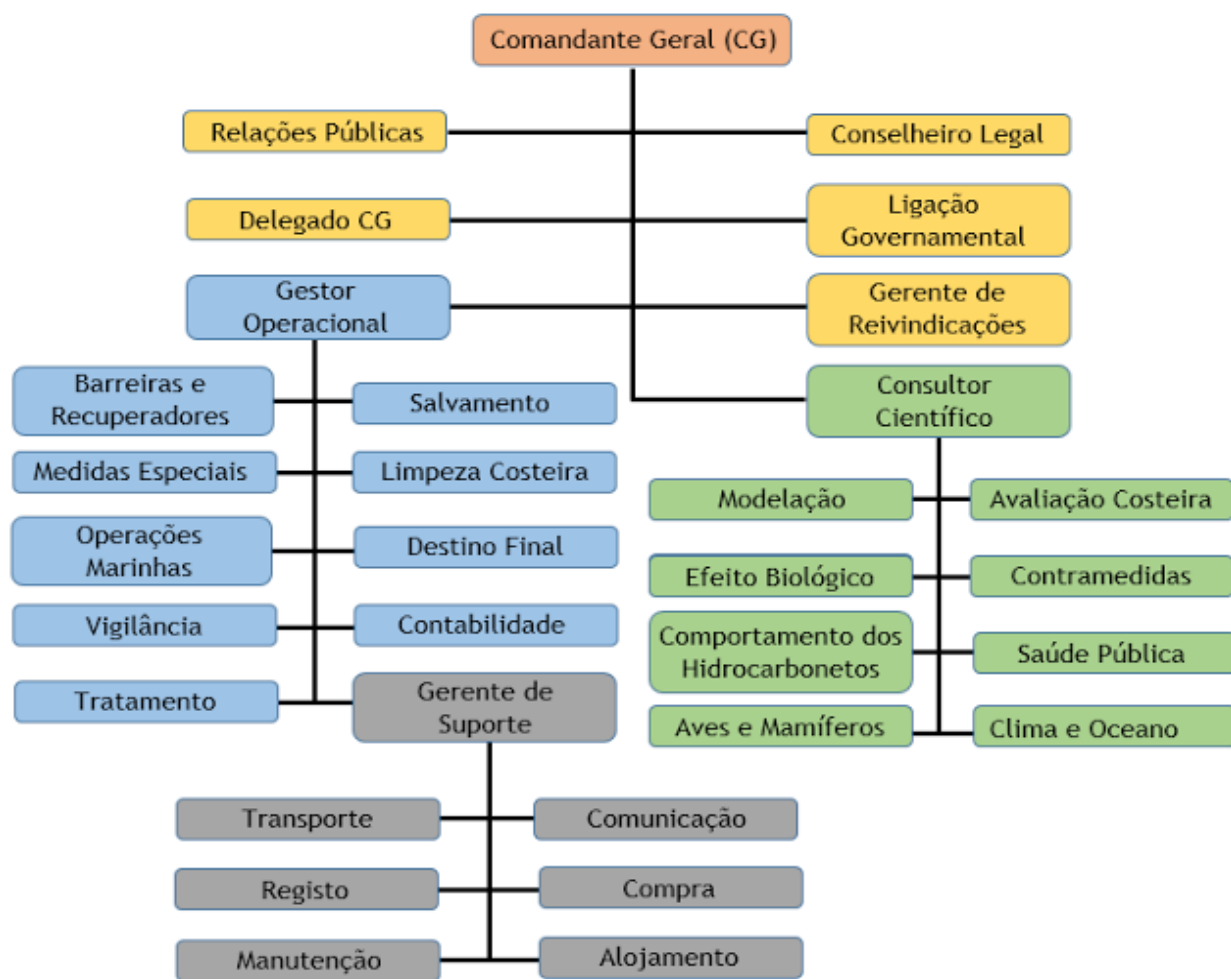


Figura 6-1 - Organização estrutural típica (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

#### 6.1.2.4 Sistema de Comando de Incidentes (SCI)

Este sistema representa uma estrutura de comando popular hoje em dia. É semelhante à estrutura apresentada na figura 6-1, mas apresenta elementos comuns para garantir a uniformização entre organizações de maneira a facilitar a ação federal em territórios que não lhes são familiares (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

#### 6.1.2.5 Sistema de Comando Unificado (SCU)

É semelhante ao SCI, embora neste caso a empresa, estado ou província junta-se às estruturas federais de resposta, maximizando os recursos disponíveis (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

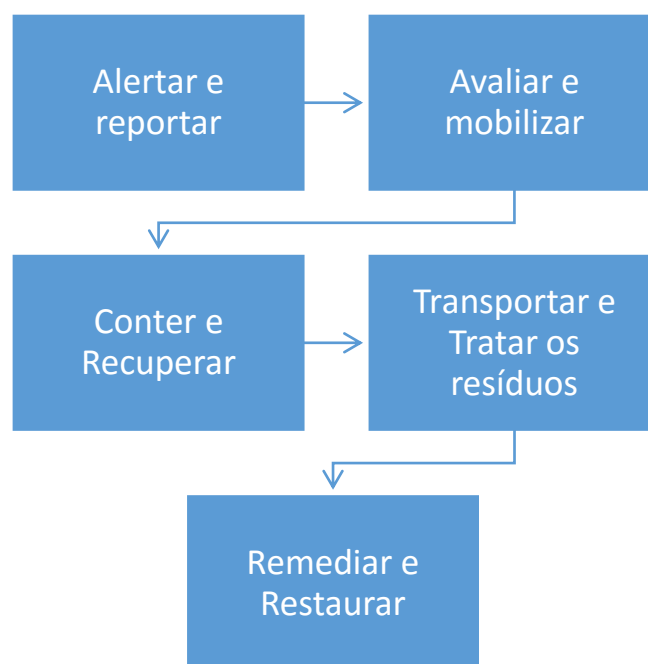
#### **6.1.2.6 Pontos-chave para o sucesso do plano de contingência do ponto de vista da organização estrutural**

É necessário (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013):

- Compromisso das equipas de resposta;
- Compromisso na organização da resposta;
- Formação, experiência e capacidades da equipa de resposta nas suas tarefas específicas;
- Capacidade do pessoal de trabalhar em equipa;
- O cuidado e esforço na elaboração do plano;
- Equipa e plano flexíveis para se adaptarem a derrames de diferentes envergaduras e circunstâncias;
- Recursos suficientes para preparar e implementar o plano.

#### **6.1.3 Ativar o plano de contingência:**

Na figura 6-2 estão representadas as ações de combate à poluição por HC sugeridas por Mervin Fingas.



*Figura 6-2 - Ações de combate à poluição por HC (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).*

#### **6.1.3.1 Alertar e reportar**

Alertar o pessoal de resposta e a agência governamental responsável é o primeiro passo da ativação de um plano de contingência. Em determinados países, como os EUA e o Canadá, reportar o derrame a uma agência designada não só é recomendado como também é obrigatório do ponto de vista legal (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.3.2 Avaliar e mobilizar**

As primeiras equipes de resposta avaliam a situação e iniciam as ações de controle, contenção ou minimização do dano ambiental. Enquanto a estrutura de comando não está completa e operacional, as equipes exercem as suas responsabilidades de acordo com o plano de contingência e de acordo com a sua formação (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.3.3 Conter e recuperar**

A primeira prioridade é parar o fluxo de hidrocarbonetos. Mesmo assim, as ações de limpeza e de recuperação devem ser iniciadas o mais cedo possível e em paralelo com a contenção (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.3.4 Transportar e tratar resíduos.**

Como os resíduos oleosos são nocivos para o ambiente, é importante que estes sejam transportados para organizações especializadas no seu tratamento, recuperação ou eliminação. Nunca esquecendo as condições de segurança no armazenamento e no transporte (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.3.5 Remediar e restaurar**

As próprias ações de contenção e limpeza criam um impacto nas zonas afetadas. Depois de concluídas as ações de resposta a um derrame de hidrocarbonetos é importante que as áreas afetadas voltem a estar como estavam antes do evento de poluição (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### **6.1.4 Estudos auxiliares e mapas de sensibilidade**

Para ser elaborado um plano de contingência eficiente, é necessário ter acesso a informação previamente recolhida sobre a área afetada. Usando esta informação são posteriormente elaborados mapas de sensibilidade que nos fornecem informação potencial sobre a sensibilidade física e biológica do local (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

Hoje em dia, a maioria destes mapas já são computadorizados e estão disponíveis em sistemas de informação geográficos (SIG). Devido ao seu funcionamento por camadas (*layers*) estes sistemas permitem uma análise mais rápida e eficaz da área afetada traduzindo-se numa ação também mais rápida, eficaz e teoricamente menos impactante. Também há a possibilidade de associar os mapas de sensibilidade computadorizados a modelos de previsão de derrames de hidrocarbonetos de maneira a prever o impacto do derrame na área em estudo (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

No anexo J é possível consultar os principais elementos de um mapa de sensibilidade.

#### **6.1.5 Sistemas de comunicação**

É essencial uma boa comunicação numa operação de resposta. O pessoal no terreno deve estar em constante contacto por razões operacionais e de segurança. Os rádios VHF e UHF têm sido a forma de comunicação mais frequente (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.6 Cooperação pública, privada e voluntária**

Por vezes, como as entidades públicas não têm meios suficientes de resposta, cooperam com outras entidades públicas. Por vezes, esta cooperação é feita com entidades privadas especializadas, acarretando custos adicionais. No caso dos derrames de maior dimensão, a ajuda dos voluntários representa uma ajuda importante. Estes voluntários recebem uma pequena formação e são alojados e alimentados (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

#### **6.1.7 Recuperação de custos**

A maioria das entidades de combate à poluição trabalham com esquemas de recuperação de custos e cobram pelos serviços prestados. Além disso as empresas transportadoras estão cobertas por seguros. Hoje em dia, algumas seguradoras, através dos seus funcionários, monitorizam as operações de resposta a um derrame, de maneira a garantir que estas sejam o mais eficiente possível do ponto de vista económico (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).

### **6.2 Guia de apoio da DGAM**

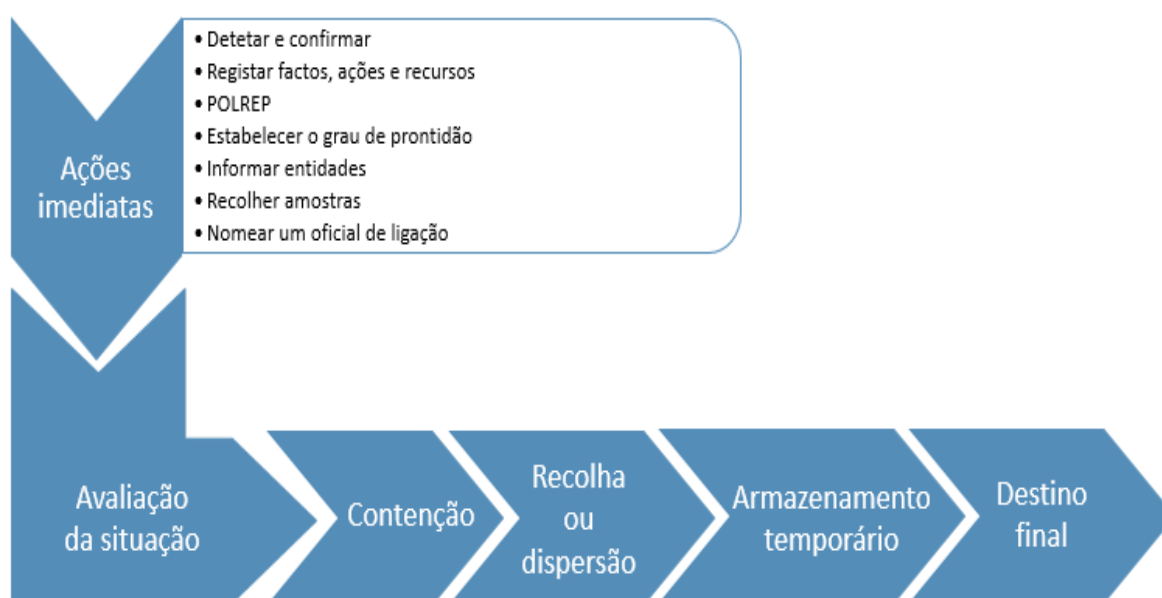
O guia de apoio destina-se a “apoiar as entidades responsáveis pela direção e coordenação das atividades de combate à poluição do mar por hidrocarbonetos (HC) e outras substâncias perigosas (HNS) nos espaços marítimos sob soberania e jurisdição de Portugal, nas operações em que venham a estar envolvidas” (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).



Segundo a DGAM, há quatro tipos de pessoas que estão envolvidas numa missão de combate à poluição por hidrocarbonetos (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011):

- As autoridades marítimas;
- Os especialistas no combate à poluição do mar;
- Os servidores do Estado agregados à missão de combate à poluição do mar;
- Os voluntários para ajudar a missão de combate à poluição do mar.

No guia de apoio da DGAM são sugeridas as ações representadas na figura 6-3.



*Figura 6-3 - Ações de resposta à poluição por HC sugeridas pela DGAM (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011)*

### 6.2.1 Ações imediatas perante um episódio de poluição do mar

Na tabela 6.1 estão apresentadas as ações imediatas sugeridas pela DGAM perante um episódio de poluição do mar.

*Tabela 6.1 - Ações imediatas perante um episódio de poluição do mar (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).*

<b>Detetar e Confirmar</b>	Uma boa operação de confirmação permite concluir rapidamente se houve falso alarme e não movimentar meios desnecessariamente.	
<b>Registar factos, ações e recursos</b>	<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir um documento de registo temporal de factos e ações, que inclua todos os recursos envolvido;</li> <li>• Iniciar o registo de todos os factos e ações relativos ao episódio de poluição.</li> </ul>
	<b>Responsável</b>	A autoridade marítima à qual compete a direção e a coordenação das operações de combate à poluição do mar (a especificar de acordo com o grau de prontidão).
<b>POLREP</b>	<p>O <i>Pollution Reporting System</i> (POLREP) é um modelo de relato formal de episódios de poluição do mar, cujo objetivo é:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difundir informação;</li> <li>• Uniformizar procedimentos;</li> <li>• Realizar o controlo, registo histórico e análise estatística.</li> </ul>	
<b>Estabelecer o grau de prontidão</b>	Segundo o Plano Mar Limpo, uma vez identificado um episódio de poluição, a autoridade competente estabelece o grau de prontidão adequado à situação, que pode ser alterado ao longo do tempo.	
<b>Informar entidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demais autoridades do SAM, em especial, DGAM e AMN;</li> <li>• Administrações portuárias, afetadas ou que possam vir a sê-lo (por ordem de proximidade);</li> <li>• Autarquias locais, afetadas ou que possam vir a sê-lo (por ordem de proximidade);</li> <li>• Autoridade Nacional da Proteção Civil;</li> <li>• Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT);</li> <li>• Ministério do Mar;</li> <li>• Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM), se houver vítimas;</li> <li>• Administrações de parques naturais e zonas protegidas;</li> <li>• Forças Armadas.</li> </ul>	
<b>Recolher amostras</b>	As análises de HC deverão ser solicitadas de acordo com o que está definido na circular de recolha de amostras. A circular inclui uma árvore de decisão que otimiza a determinação do método de recolha de amostras de HC a aplicar.	
<b>Oficial de ligação</b>	A autoridade marítima competente deve nomear um oficial de ligação, para agilizar os contactos com as demais entidades envolvidas, incluindo as dos Estados vizinhos.	

### 6.2.2 Operações de combate à poluição

Na tabela 6.2 pode-se consultar as operações de combate à poluição sugeridas pela DGAM.

Tabela 6.2 - Operações de combate à poluição (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

<b>Critérios</b>	<p>Todas as operações de combate à poluição têm necessidade, por esta ordem, de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salvar vidas humanas em risco;</li> <li>• Não colocar desnecessariamente vidas humanas em risco (o pessoal só pode iniciar as operações se estiver devidamente equipado);</li> <li>• Reduzir os danos sobre a propriedade (bens) e sobre o ambiente;</li> <li>• Não causar danos desnecessários sobre a propriedade (bens) e sobre o ambiente.</li> </ul>	
<b>Avaliação da situação</b>	<b>Questões iniciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os níveis de nocividade dos espaços e os perigos para a saúde humana;</li> <li>• Os espaços a delimitar e as autoridades policiais que os delimitam;</li> <li>• Os acessos essenciais para a execução das operações e a manter disponíveis;</li> <li>• A afetação de pessoal às diversas tarefas, com a proteção necessária e adequada.</li> </ul>
	<b>Questões permanentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o nível de gravidade da poluição? (usar tabela POLSCALE no anexo I)</li> <li>• Quais são os níveis de nocividade dos espaços e os perigos para a saúde humana?</li> <li>• Os poluentes estão confinados?</li> <li>• Que quantidade e qualidade de poluentes se encontram no mar?</li> <li>• O/s método/s de combate à poluição em aplicação é/são eficaz/es?</li> <li>• Deixa-se o poluente desaparecer por si? Confinam-se apenas o poluente? Recolhe-se no mar? Recolhe-se na costa? Usam-se dispersantes? Pega-se fogo aos poluentes?</li> <li>• Que danos e vítimas existem?</li> <li>• Há outras entidades com jurisdição sobre o episódio de poluição?</li> <li>• Esta autoridade tem meios para empregar no combate ao episódio de poluição?</li> <li>• São necessários outros meios de combate ao episódio de poluição? Estão disponíveis? Onde? Podem ser obtidos em tempo útil? É adequado pedi-los? Quem é competente para os pedir?</li> </ul>
	<b>Questões de morfologia local</b>	As questões de morfologia local estão disponíveis no anexo G.
	<b>Delimitação dos locais</b>	Antes do início das operações de combate à poluição do mar devem isolar-se os espaços afetados, ou que venham previsivelmente a ser afetados, baseando-se nos níveis de nocividade para as diversas formas de vida. Esta tarefa está a cargo das forças policiais (PM, PSP e GNR).
	<b>Disponibilidade dos acessos</b>	Também os acessos para pessoal e material devem ser previamente definidos e tem de ser assegurada a sua permanente disponibilidade. Se necessário pode-se recorrer à PSP e à GNR.

<b>Equipa de primeira intervenção</b>	<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar limitar os espaços afetados;</li> <li>• Iniciar as operações de combate à poluição.</li> </ul>
	<b>Regras de segurança</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar devidamente equipada;</li> <li>• Colocar-se sempre a barlavento dos poluentes.</li> </ul>
<b>Apoio da DCPM</b>	<b>Situações de atuação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operações inferiores ao 1º grau de prontidão do Plano Mar Limpo;</li> <li>• Se for solicitada pelas autoridades marítimas envolvidas;</li> <li>• Se for autorizado pelo diretor-geral da Autoridade Marítima.</li> </ul>
	<b>Tipo de apoio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assessoria técnica;</li> <li>• Apoio com equipamentos;</li> <li>• Reforço humano e do material das equipas.</li> </ul>
	<b>Pedido de apoio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formalizado por mensagem;</li> </ul> <p><b>Ou</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desencadeado de forma expedita por contacto direto com o diretor da DCPM.</li> </ul>
	<b>Tempo médio de resposta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 horas, na área sob jurisdição do Departamento Marítimo do Centro;</li> <li>• 1 dia, nas áreas sob jurisdição dos Departamentos Marítimos do Norte e do Sul;</li> <li>• 5 dias, nas áreas sob jurisdição dos Departamentos Marítimos dos Açores e da Madeira.</li> </ul>
<b>Comunicações</b>	<p>As comunicações devem ser fiáveis e seguras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entre quem dirige e quem executa as operações;</li> <li>• entre todas entidades envolvidas.</li> </ul> <p>São estabelecidas no início das operações e mantêm-se ao longo de toda a missão, segundo as formas que os intervenientes concluem ser as mais adequadas em cada momento e para cada ação em concreto.</p>	
<b>Sequência geral das operações</b>	Contenção>Recolha ou dispersão>Armazenamento temporário>Destino final	

### 6.3 Guia de apoio do CEDRE

O CEDRE (Centro de Documentação, Pesquisa e Experiência em Poluição Acidental da Água) criou um guia de apoio de maneira a fornecer chaves que possam auxiliar na tomada de decisões no evento ou ameaça de um derrame de um poluente (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

### **6.3.1 Organização institucional**

#### **6.3.1.1 Ação da autoridade local**

A autoridade local deve atuar (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011):

- A partir do momento em que ocorra um grande evento de poluição dentro da sua área de responsabilidade;
- Se tiver os recursos para lidar com o evento;
- Desde que o evento não exceda as fronteiras municipais.

Assumindo a responsabilidade, a autoridade local deve:

- Assegurar a ordem, a segurança e a saúde da população;
- Informar as autoridades estaduais competentes;
- Oferecer resposta em terra e nas áreas de competência da autoridade;
- Não oferecer resposta no mar sem antes ter responsabilizado a autoridade marítima competente pela ação.

#### **6.3.1.2 Ação da autoridade superior**

A autoridade superior atua (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011):

- Quando a capacidade de resposta municipal é excedida;
- Quando a extensão da poluição o requer;
- Se não for tomada nenhuma ação por parte da autoridade local.

Se a poluição afetar vários municípios, mesmo que a autoridade local continue responsável pelas operações dentro do seu município, a autoridade superior pode coordenar certos aspectos da resposta, como as relações com o poluidor e com a comunicação social, ou certos aspectos relacionados com indenizações e finanças (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Caso a autoridade superior assuma a responsabilidade, as autoridades locais devem obedecer às suas ordens facultando recursos humanos e equipamentos municipais (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

### **6.3.1.3 Recursos disponíveis à autoridade local**

Caso se trate de um pequeno evento, a autoridade local tem, em primeiro lugar, ao seu dispor os próprios recursos municipais. Normalmente incluem apenas os funcionários municipais e equipamentos simples, como as barreiras, pás e baldes (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

A partir do momento em que vários municípios decidem partilhar os seus recursos, um dos municípios pode requisitar os serviços de qualquer um dos outros, respeitando sempre os termos e condições acordados por todas as partes. Pode pedir auxílio na gestão da resposta ou então pedir recursos humanos e equipamentos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Embora a principal ação dos bombeiros seja o combate ao fogo, o corpo dos bombeiros pode ser chamado a auxiliar as autoridades locais. Na eventualidade de ocorrência de um derrame, as principais ações orientadas pelo corpo dos bombeiros são (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011):

- O alerta da população;
- A avaliação de certos parâmetros, como a natureza nociva do poluente ou a extensão do incidente;
- A contenção no local do derrame;
- A execução dos protocolos de segurança;
- A definição da zona de perigo;
- A evacuação a população, se necessário.

Como esta não é uma função obrigatória desta entidade, o corpo dos bombeiros pode pedir uma remuneração pelo auxílio prestado (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Existem empresas privadas especializadas no combate à poluição causada por um derrame que podem ser contratadas pela autoridade local. Embora esta opção acarrete custos adicionais, estas empresas conseguem oferecer uma resposta mais especializada e eficaz que os funcionários municipais. Além disso, escolhendo esta opção, os funcionários locais podem continuar com as suas tarefas habituais (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Sempre que um incidente atrai a atenção da comunicação social é normal que muitas pessoas se voluntariem a ajudar. Embora os voluntários tenham uma grande vontade de ajudar, são na maioria inexperientes no combate a um derrame. Este afluxo de pessoas inexperientes faz com que a entidade responsável tenha ainda mais trabalho (alimentação, equipamento e formação dos voluntários, entre outras responsabilidades adicionais). Por isso, é do interesse do município que se evite o recurso a voluntários. Se não houver outra opção e estes forem mesmo necessários deve-se sempre dar prioridade aos que já tenham alguma experiência ou formação na área (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Quanto aos equipamentos, se necessário, existem *stocks* nacionais armazenados que podem ser requisitados pelas autoridades locais e unidades de proteção civil (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Além do apoio a nível dos recursos, as entidades locais podem pedir conselhos e recomendações. Este tipo de ajuda pode ser solicitada aos serviços estaduais ou então a organização especializadas, como universidades, associações de proteção da natureza, entre outras. Estas organizações podem, por exemplo (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011):

- Fornecer informação sobre o poluente;
- Aconselhar o uso de determinados métodos e meios de resposta, incluindo os disponíveis em *stock* do governo;
- Fornecer relatórios de observação da poluição;
- Fornecer informação meteorológicas;
- Realizar previsões de deriva da mancha;
- Realizar relatórios de impacto ambiental e dos recursos marinhos.

### **6.3.2 Ações a serem tomadas caso ocorra um derrame**

A primeira coisa a fazer quando se recebe o alerta é confirmar a autenticidade da informação. Esta parte é da responsabilidade da autoridade local, mais concretamente do Diretor de operações de emergência (DEO) (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Após confirmada a informação, deve ser realizada uma pesquisa de maneira a identificar os locais afetados, qualificar a poluição e avaliar a sua extensão (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Posteriormente, baseando-se na pesquisa, a autoridade local vai organizar a resposta gerindo os quatro componentes do incidente: segurança, resposta (limpeza e gestão de resíduos), comunicação (interna, institucional e comunicação social) e gestão financeira e legal (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

Estes componentes podem ir aparecendo ao longo das três fases de ação seguintes (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011):

- **Fase de emergência** - O principal objetivo desta fase é assegurar a segurança humana e só depois proteger propriedades e o ambiente. As autoridades devem ser alertadas o mais rápido possível e quanta mais informação sobre o poluente for recolhida nesta fase, melhor. Além disso, os municípios são responsáveis por acumular as declarações de poluição e por justificar todas as ações tomadas;
- **Fase de resposta** - Tendo sido previamente assegurada a segurança da população, o DEO vai direcionar a resposta e gerir o incidente ao longo do tempo. Nesta fase, o DEO não pode esquecer todos os aspetos operacionais, legais, financeiros e relacionados com a comunicação social;
- **Fase pós-derrame** - Depois de se ter completado as ações de limpeza e de armazenamento de resíduos, devem-se libertar os locais afetados o mais rápido possível. Concluídas as ações referidas anteriormente há tempo suficiente para decidir o melhor destino final para os resíduos recolhidos e para preparar as indemnizações.

É importante analisar o feedback de todo o incidente de maneira a melhorar o plano de contingência local, no futuro (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).





*Figura 6-4 - Fases de ação de combate à poluição por HC (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

No anexo J pode-se consultar um fluxograma que representa o sumário das principais ações.

#### 6.3.2.1 Receber o alerta

Um derrame de hidrocarbonetos pode ocorrer em qualquer altura e em qualquer lugar. Este evento de poluição pode ser reportado por autoridades, serviços de emergência, testemunhas ou até pelo próprio poluidor. Como já foi referido várias vezes, é necessário que a resposta seja rápida e eficaz e por isso é essencial organizar o sistema de alerta. Na tabela 6.3 pode-se consultar os objetivos, a equipa e as ações da fase de receção do alerta.

*Tabela 6.3 - Receber o alerta (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir o sistema de transmissão para o alerta inicial;</li> <li>• Organizar o serviço telefónico fora das horas de trabalho;</li> <li>• Distribuir e treinar o pessoal responsável por receber as chamadas de emergência.</li> </ul>
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operador telefónico;</li> <li>• Concelheiro local;</li> <li>• Agente responsável</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preencher o formulário de alerta;</li> <li>• Informar o DEO;</li> <li>• Verificar a informação, organizando uma pesquisa.</li> </ul>

#### 6.3.2.2 Realizar uma pesquisa

Antes de se decidir que recursos mobilizar ou que técnicas de combate escolher, é importante fazer um estudo para que a decisão tomada seja a mais acertada.

Na tabela 6.4 pode-se consultar parâmetros relevantes à realização de uma pesquisa.

*Tabela 6.4 - Realizar uma pesquisa (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmar ou renunciar a mensagem de alerta;</li> <li>• Identificar as áreas afetadas;</li> <li>• Caracterizar a poluição;</li> <li>• Fornecer elementos iniciais de decisão;</li> <li>• Monitorizar a evolução da poluição.</li> </ul>	
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente da autoridade treinado (um polícia ou um guarda costeiro por exemplo);</li> <li>• Observador que esteja familiarizado com o litoral.</li> </ul>	
<b>Equipamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roupa apropriada;</li> <li>• Camara fotográfica ou de filmar;</li> <li>• Material para tirar apontamentos;</li> <li>• Relógio;</li> <li>• Tabela de marés;</li> <li>• Equipamentos de transmissão;</li> <li>• Equipamentos de recolha de amostras;</li> <li>• Equipamentos de comunicação;</li> <li>• Equipamentos de observação;</li> <li>• Fita métrica (10 m);</li> <li>• Veículo (se possível).</li> </ul>	
<b>Ações</b>	<b>Antes da pesquisa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir a área a pesquisar;</li> <li>• Escolher a melhor hora;</li> <li>• Recolher o equipamento necessário;</li> <li>• Informar alguém sobre a rota planeada e a hora e regresso esperada.</li> </ul>
	<b>Durante a pesquisa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preencher o formulário de pesquisa;</li> <li>• Tirar fotos e/ou filmar;</li> <li>• Recolher amostras (se possível);</li> <li>• Fornecer indicações iniciais de resposta (se o observador possuir conhecimento suficiente).</li> </ul>
	<b>Depois da pesquisa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar as amostras para análise;</li> <li>• Arquivar os relatórios de pesquisa, as imagens e as amostras.</li> </ul>

### 6.3.2.3 Amostragem

Ao recolher amostras do poluente é possível algumas das suas características. Possuindo esta informação as equipas de combate poderão responder de uma maneira mais eficaz a cada evento de poluição.

Os elementos úteis à realização de uma amostragem podem ser consultados na tabela 6.5.

*Tabela 6.5 - Amostragem (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar o poluente, para efeitos administrativos ou legais;</li> <li>• Analisar as propriedades físico-químicas do poluente, para efeitos operacionais ou científicos.</li> </ul>	
<b>Equipa</b>	<b>Efeitos legais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente da autoridade treinado;</li> <li>• Oficial da lei.</li> </ul>
	<b>Outros efeitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualquer operador.</li> </ul>
<b>Equipamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luvas resistentes ao produto recolhido;</li> <li>• Frascos de vidro;</li> <li>• Bandejas de alumínio;</li> <li>• Papel de alumínio;</li> <li>• Colher ou espátula de aço inoxidável;</li> <li>• Rolos de papel;</li> <li>• Etiquetas;</li> <li>• Canetas de tinta permanente.</li> </ul>	
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher, dos locais afetados, a quantidade necessária de poluente (100 g para identificação e 500 g para avaliação das características operacionais);</li> <li>• Recolher 3 amostras para efeitos legais (1 para análise, 1 para contra-análise e 1 para preservação);</li> <li>• A amostragem deve ser elaborada da seguinte forma:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar o poluente num frasco ou numa bandeja;</li> <li>- Colocar uma folha de alumínio entre o recipiente e a sua tampa;</li> <li>- Fechar o recipiente;</li> <li>- Rotular o recipiente com etiquetas;</li> <li>- Armazenar as amostras em condições frias (entre os 0 e os 10° C);</li> <li>- Enviar as amostras para os laboratórios.</li> </ul> </li> </ul>	

**Nota:** Não se pode usar recipientes de plástico para armazenar os hidrocarbonetos, pois iriam contaminar a amostra.

#### 6.3.2.4 Proteger a população

Caso ocorra um derrame de hidrocarbonetos, a principal prioridade das equipas de combate à poluição é proteger a população. Na tabela 6.6 podem-se consultar informações relativas à proteção da população.

*Tabela 6.6 - Proteger a população (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A autoridade local deve assegurar a segurança pública tomar as medidas iniciais necessárias para proteger e informar a população.</li> </ul>
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoridade local ou o conselheiro local de serviço;</li> <li>• Serviços de emergência;</li> <li>• Força policial local.</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alertar as pessoas ou entidades que usam as áreas afetadas (nadadores, surfistas, pescadores,...);</li> <li>• Usar todos os meios disponíveis de alerta do perigo;</li> <li>• Especificar as ações a serem tomadas (evacuação, corte de água,...)</li> <li>• Interditar o acesso às zonas afetadas:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolando a área, por exemplo com barreiras ou fitas de delimitação;</li> <li>- Criando uma zona de exclusão;</li> <li>- Criando um estatuto municipal que impeça o acesso;</li> <li>- Publicando a proibição de acesso no <i>website</i> e nos serviços da autoridade local;</li> </ul> </li> <li>• Informar a população sobre perigo do poluente e sobre as ações propostas;</li> <li>• Criar um <i>poster</i> público informativo, traduzi-lo para outras línguas e expô-lo nas zonas afetadas e nos serviços da autoridade local.</li> </ul>

#### 6.3.2.5 Proteger propriedades e o ambiente

A partir do momento em que se garante a segurança da população, o passo que se segue é proteger o ambiente e os bens materiais. Na tabela 6.7 pode-se consultar a informação referente à proteção das propriedades e do ambiente.

*Tabela 6.7 - Proteger propriedades e o ambiente (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger canais e captações de água;</li> <li>• Proteger cais e infraestruturas portuárias;</li> <li>• Reduzir o volume de resíduos poluídos.</li> </ul>		
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente de serviço ou o conselheiro local de serviço;</li> <li>• Serviços técnicos.</li> </ul>		
<b>Ações</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>Ameaça de poluição na costa</b></td><td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher lixo e detritos naturais (algas, madeira, posidónia,...);</li> <li>• Montar um sistema de proteção de canais e captações de água.</li> </ul> </td></tr> </table>	<b>Ameaça de poluição na costa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher lixo e detritos naturais (algas, madeira, posidónia,...);</li> <li>• Montar um sistema de proteção de canais e captações de água.</li> </ul>
<b>Ameaça de poluição na costa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher lixo e detritos naturais (algas, madeira, posidónia,...);</li> <li>• Montar um sistema de proteção de canais e captações de água.</li> </ul>		

**Ameaça de poluição numa marina**

- Restringir o espalhamento do contaminante com uma barreira flutuante;
- Criar um fluxo de água ao longo das rochas que evite que o poluente adira às infraestruturas;
- Remover ou distanciar as embarcações atracadas (se possível).

**6.3.2.6 Identificar o poluente e os seus perigos**

A amostragem nem sempre é uma ação rápida e nem sempre permite conhecer todas as características do poluente. Tentar recolher informações sobre o contaminante e sobre os seus perigos representa um contributo importante para a preparação das equipas de combate e das condições de segurança. Na tabela 6.8 são apresentadas opções de identificação do poluente e dos seus perigos.

*Tabela 6.8 - Identificar o poluente e os seus perigos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Identificar o poluente</b>	<b>Fonte da poluição desconhecida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactar a autoridade marítima local para averiguar se receberam alguma informação sobre a natureza e riscos do contaminante;</li> <li>• Se o poluente não possuir nenhum perigo grave e iminente, recolher amostras para análise.</li> </ul>
	<b>Fonte da poluição conhecida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher informação sobre o poluente (nome científico, nome comercial, composição, o número CAS e o número ONU) e sobre a entidade responsável pelo derrame;</li> <li>• Recuperar a folha de dados sobre a segurança do material (MSDS).</li> </ul>
<b>Identificar os seus perigos</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer os riscos para a vida humana;</li> <li>• Estabelecer os riscos para o ambiente;</li> <li>• Informar as entidades competentes.</li> </ul>

**6.3.2.7 Organizar um local de limpeza**

Caso o contaminante atinja a costa é importante que o local de trabalho onde a limpeza se vai realizar esteja completamente organizado, evitando assim desordem e acidentes desnecessários. Na tabela 6.9 estão disponibilizados os principais objetivos e ações de organização de um local de limpeza.

*Tabela 6.9 - Organizar um local de limpeza (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar locais de trabalho;</li> <li>• Preparar vias de acesso;</li> <li>• Preparar os locais de armazenamento;</li> <li>• Preparar as áreas de descontaminação;</li> <li>• Eleger os gestores de cada local de trabalho.</li> </ul>
------------------	---

**Ações**

- Regular os acessos (banir a entrada pública);
- Definir o sistema de tráfego;
- Distinguir os veículos de acesso;
- Proteger o solo no caso do local de trabalho ser numa área sensível;
- Criar rotas para pedestres;
- Organizar o espaço.

### 6.3.2.8 Assegurar a segurança nos locais de trabalho

Além de uma boa organização dos locais de trabalho, é necessário criar regras de segurança e garantir que estas sejam cumpridas. Na tabela 6.10 são apresentadas algumas sugestões para que a segurança seja garantida.

*Tabela 6.10 - Assegurar a segurança nos locais de trabalho (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar medidas metodológicas de organização do local de trabalho;</li> <li>• Garantir meios de transmissão eficientes;</li> <li>• Garantir medidas de proteção da segurança individual.</li> </ul>
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEO;</li> <li>• Gestores das áreas de trabalho;</li> <li>• Oficial de Higiene e Segurança.</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obedecer à legislação laboral;</li> <li>• Seguir as instruções sobre a organização e a delimitação dos locais de trabalho;</li> <li>• Garantir a proteção individual</li> <li>• Realizar uma avaliação do risco;</li> <li>• Equipar todos os trabalhadores com o equipamento de proteção pessoal aprovado.</li> </ul>

**Nota:** É possível consultar no guia de apoio do CEDRE os principais riscos a ser prevenidos e equipamentos de prevenção.

### 6.3.2.9 Limpar os locais poluídos

Depois de se terem recolhido todas as informações relevantes, organizado os locais de trabalho e estipuladas as regras de segurança, ficam reunidas todas as condições para que a limpeza das áreas afetadas pelo contaminante tenha sucesso. Na tabela 6.11 estão expostos os objetivos de uma missão de limpeza e as suas principais ações.

*Tabela 6.11 - Limpar os locais poluídos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A ação de limpeza não deve causar um dano superior à presença do poluente;</li> <li>• Optar por técnicas compatíveis com as características do derrame;</li> <li>• Optar por técnicas compatíveis com as características do local;</li> <li>• Definir o nível da limpeza, tendo sempre em consideração o que é aceitável do ponto de vista ecológico, económico, político, financeiro e técnico.</li> </ul>	
<b>Ações</b>	<b>Fase 1: Recuperação inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover o mais rápido possível as maiores acumulações do poluente e dos materiais contaminados;</li> <li>• Limitar o espalhamento da poluição;</li> <li>• Limitar o impacto ecológico.</li> </ul>
	<b>Fase 2: Limpeza final</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover os hidrocarbonetos residuais.</li> </ul>
	<b>Fase 3: Reabilitação do local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover todos os materiais que foram levados para o local (estacas, fitas de delimitação,...);</li> <li>• Restaurar o local à sua estrutura e disposição original (preencher trincheiras,...).</li> </ul>

#### 6.3.2.10 Descontaminar trabalhadores, equipamentos e veículos

Ao descontaminar todos os elementos envolvidos na ação de limpeza, sejam eles trabalhadores, equipamentos ou veículos, garante-se que não haja um espalhamento adicional do contaminante. Na tabela 6.12 pode-se consultar objetivos, os equipamentos usados e as ações da descontaminação dos trabalhadores, equipamentos e veículos.

*Tabela 6.12 - Descontaminar trabalhadores, equipamentos e veículos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar o espalhamento do contaminante;</li> <li>• Assegurar um nível de conforto mínimo para os trabalhadores;</li> <li>• Prolongar o tempo de vida dos equipamentos;</li> <li>• Reduzir o volume de resíduos perigosos.</li> </ul>
<b>Equipamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escovas;</li> <li>• Esponjas;</li> <li>• Panos;</li> <li>• Produtos de limpeza;</li> <li>• Recipientes de recolha de água contaminada;</li> <li>• Recipientes para resíduos oleosos;</li> <li>• Recipientes de recolha de materiais limpos;</li> <li>• Mangueiras de pressão de água quente.</li> </ul>

<b>Ações</b>	<b>Preparar a área de descontaminação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispor um local de lavagem com produtos de limpeza inofensivos ao ser humano, panos e esponjas;</li> <li>• Dispor dois bidons para resíduos oleosos e para equipamento limpo;</li> <li>• Um recipiente (1 a 2 m<sup>3</sup>) com um agente de limpeza para embeber pequenos equipamentos.</li> </ul>
	<b>Descontaminar os trabalhadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar as botas;</li> <li>• Limpar os fatos;</li> <li>• Limpar os resíduos na pele.</li> </ul>
	<b>Descontaminar os equipamentos de pequena dimensão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embeber os equipamentos no recipiente disponibilizado;</li> <li>• Esfregar os equipamentos para remover o poluente que aderiu (se necessário).</li> </ul>
	<b>Descontaminar a maquinaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar um recipiente de acumulação das águas de limpeza;</li> <li>• Enxaguar os pneus com água quente com pressão;</li> <li>• Recuperar o poluente a partir das águas contaminadas.</li> </ul>

#### 6.3.2.11 Armazenar os resíduos

Ao longo das ações de limpeza são gerados resíduos que devem ser armazenados adequadamente de acordo com a informação referida na tabela 6.13.

*Tabela 6.13 - Armazenar os resíduos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher os resíduos e coloca-los numa zona não sensível preparada para este fim;</li> <li>• Organizar os resíduos recolhidos por género e por pré-tratamentos a que irão estar sujeitos (se possível);</li> <li>• Controlar o fluxo de entrada e saída de resíduos.</li> </ul>	
<b>Ações</b>	<b>Identificar um local</b>	<p>Escolher um local que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tenha uma área suficiente;</li> <li>• seja plano;</li> <li>• não esteja localizado numa área alagável;</li> <li>• esteja perto e acessível à costa e à rede de estradas;</li> <li>• esteja suficientemente longe das áreas residuais;</li> <li>• tenha uma sensibilidade ecológica reduzida.</li> </ul>



<b>Preparar o local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger o solo, usando geotêxteis e membranas impermeáveis aos hidrocarbonetos;</li> <li>• Regular o fluxo de resíduos;</li> <li>• Assegurar a supervisão dos acessos e do tráfego;</li> <li>• Disponibilizar recipientes suficientes para cada categoria de resíduos.</li> </ul>
<b>Gerir o local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger as instalações de armazenamento da chuva;</li> <li>• Remover os resíduos periodicamente de maneira a evitar que a capacidade do local seja excedida.</li> </ul>
<b>Reabilitar o local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar e restaurar o local assim que os locais de trabalho forem removidos.</li> </ul>

**Nota:** Estão disponibilizados no guia de apoio do CEDRE os principais equipamentos usados para organizar e armazenar os resíduos.

#### 6.3.2.12 Transportar e eliminar os resíduos

Como estão sempre a chegar novos resíduos, os locais onde estão a ser armazenados atingem um limite de capacidade. Por isso devem ser transportados e posteriormente eliminados. A tabela 6.14 contém informação relativa a esta parte da missão de combate.

*Tabela 6.14 - Transportar e eliminar os resíduos (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportar os resíduos oleosos para empresas especializadas no seu tratamento.</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar empresas capazes de tratar os resíduos;</li> <li>• Identificar empresas certificadas para recolher e transportar os resíduos;</li> <li>• Inquirir as empresas sobre o preço dos seus serviços;</li> <li>• Contratar as empresas que ofereçam a melhor relação qualidade/preço.</li> </ul>

#### 6.3.2.13 Comunicação interna, institucional e com a comunicação social

Ao longo de toda a missão de combate à poluição deve ser mantida uma comunicação eficiente, não só a nível interno mas a nível institucional e com a comunicação social. Isso será possível se forem seguidas as sugestões apresentadas na tabela 6.15.

*Tabela 6.15 - Comunicação interna, institucional e com a comunicação social (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assegurar uma boa comunicação de maneira a:</li> <li>- garantir uma resposta operacional eficiente;</li> <li>- evitar rumores.</li> </ul>	
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoridade local de comunicação institucional;</li> <li>• Oficial de comunicação.</li> </ul>	
<b>Ações</b>	<b>Comunicação interna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar uma reunião de atualização da situação com as autoridades governamentais e com o oficial de comunicação;</li> <li>• Criar um relatório que sumarie os elementos que irão ser disponibilizados à comunicação social;</li> <li>• Transmitir o relatório a todos os agentes governamentais.</li> </ul>
	<b>Comunicação institucional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter os parceiros institucionais informados;</li> <li>• Enviar relatórios de atualização da situação aos parceiros institucionais.</li> </ul>
	<b>Comunicação social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a pessoa, conselheiro ou autoridade que irá falar com a comunicação social;</li> <li>• Publicar instruções para que todos os agentes contactados pela comunicação social os dirijam para a mesma pessoa;</li> <li>• Comunicar o mais cedo possível;</li> <li>• Fornecer apenas as informações principais e factos comprovados;</li> <li>• Usar a comunicação social como um mecanismo de transmissão de mensagens para a população local.</li> </ul>
	<b>Informar o público</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar uma mensagem clara e concisa sobre a natureza do evento e sobre as instruções de segurança a seguir;</li> <li>• Atualizar essa mensagem regularmente;</li> <li>• Traduzir a mensagem nas zonas de turistas ou próximas de fronteiras internacionais;</li> <li>• Transmitir a mensagem usando os meios municipais próprios.</li> </ul>

#### 6.3.2.14 Indeminizações

Se esta parte fosse totalmente funcional, poderíamos garantir que a responsabilização dos culpados servisse como exemplo. Desta forma, evitar-se-iam futuros erros por ação negligente e por isso evitar-se-iam também futuros eventos de poluição. Na tabela 6.16 pode-se consultar parâmetros relevantes ao cumprimento desta parte.

*Tabela 6.16 - Indeminizações (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilizar os culpados pelo evento de poluição, se existir um culpado e/ou uma parte acusante;</li> <li>• Elaborar um pedido que justifique e explique o pedido de indenização.</li> </ul>
<b>Equipa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsável pelas indenizações;</li> <li>• Gestores técnicos;</li> <li>• Oficial da justiça.</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar os aspetos da indenização na preparação dos planos locais e estratégias de resposta à poluição;</li> <li>• Apoiar a pessoa que irá estar responsável por criar o pedido de indenização, oferecendo a possibilidade de assinar contrato com um ou mais especialistas.</li> </ul>

**Nota:** Esta informação representa apenas o quadro geral relativo às indenizações. Estão disponibilizados no guia de apoio do Cedre as informações práticas relacionadas com todos os pedidos de indenização.

#### 6.3.2.15 Feedback

O feedback é a última parte da missão, mas não é por isso que deixa de ser importante. Consultando a tabela 6.17 é possível conhecer alguns parâmetros relevantes desta fase.

*Tabela 6.17 - Feedback (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).*

<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar de forma metódica e rigorosa a gestão do incidente;</li> <li>• Tirar lições da análise da gestão do incidente.</li> <li>• Partilhar, aprender e progredir.</li> </ul>	
<b>Equipa</b>	<b>Líder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conselheiro local;</li> </ul> <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente municipal responsável pelo plano de contingência local.</li> </ul> <p>Em parceria com:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente externo.</li> </ul>
	<b>Participantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as pessoas envolvidas na gestão do incidente independentemente do <i>status</i> e do grau hierárquico.</li> </ul>
<b>Ações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher toda a informação de maneira a reconstruir cronologicamente a ordem dos eventos;</li> <li>• Orientar entrevistas individuais com as pessoas envolvidas;</li> <li>• Formalizar a história conjunta;</li> <li>• Organizar uma reunião de revisão;</li> <li>• Formalizar um plano de ação.</li> </ul>	

Página em branco

## 7 Considerações finais

Como já foi referido anteriormente, a melhor arma no combate à poluição é uma resposta rápida e eficaz, que só é possível se existir uma estratégia de apoio previamente definida e estudada.

Analisando as três orientações de resposta referidas anteriormente, pode-se concluir que, embora umas mais completas que outras, fortalecem-se mutuamente.

A informação fornecida no subcapítulo 6.1 apresenta uma visão muito generalista no que toca às ações de combate. Não se trata de um guia de apoio que possa ser usado num evento real de poluição por hidrocarbonetos, mas sim de um conjunto de informações que poderão vir a ser úteis na elaboração de um plano de ação. Além disso, deve-se ter cuidado ao interpretar as orientações fornecidas pelo autor, uma vez que certos detalhes estão relacionados com parâmetros canadianos e norte-americanos. O ideal é adaptar a informação recolhida às características do país que pretende criar o plano de ação.

O ponto forte deste autor, em relação à DGAM e ao Cedre, é o fato de apresentar de forma detalhada e esquematizada a organização estrutural típica de uma missão de combate à poluição por hidrocarbonetos.

O guia da DGAM, já oferece informação mais detalhada que o autor previamente referido. Embora ainda possa ser mais desenvolvido, oferece um conjunto de perguntas que se forem respondidas, se tornam extremamente úteis na preparação e ao longo das missões de combate à poluição.

O guia de apoio do CEDRE é o que oferece orientações mais detalhadas, tornando-se muito prático o seu uso. O facto de fornecerem uma série de folhas de dados típicas facilita o trabalho das equipas de combate à poluição. Além disso, faz referência a parâmetros que são por vezes esquecidos mas que são também importantes, como os parâmetros jurídicos e de feedback final.

A sua principal desvantagem é o facto de se focar no combate à poluição numa fase em que a mancha já está muito próxima da linha da costa ou que até já a tenha atingido. As entidades que queiram agir em alto mar não encontrarão muita informação útil neste guia.

Posto isto, para que uma missão de combate à poluição por hidrocarbonetos tenha sucesso, é necessário:

- **Criar planos de ação:** a partir do momento em que existem planos de ação previamente definidos, o combate à poluição é feito de uma forma mais especializada e organizada. Em Portugal, a DGAM criou o Guia de Apoio ao Combate à Poluição do Mar por HC e outras Substâncias Perigosas;
- **Formação:** Depois de elaborado o plano de ação, é necessário formar as equipas de resposta para que, caso ocorra um evento de poluição, estas já estejam treinadas e tenham as tarefas mecanizadas. No guia de apoio, a DGAM faz referência à formação das equipas;
- **Fiscalização/Manutenção dos equipamentos e veículos de combate:** É importante que os equipamentos e veículos estejam sempre completamente operacionais para que não falhem no momento em que são realmente precisos. Além disso, é necessário garantir o *stock* mínimo das substâncias e materiais que se vão usando de missão em missão;
- **Alerta e mobilização:** A partir do momento em que se dá o alerta de poluição e que este é confirmado, é importante mobilizar os recursos necessários para os locais afetados o mais rapidamente possível. Um dos fatores mais importantes para o sucesso de uma missão de combate à poluição por hidrocarbonetos é uma reposta rápida. Em Portugal, a confirmação do alerta é feito visualmente por embarcações ou meios aéreos ou por imagens satélite fornecidas pela EMSA;
- **Identificação da fonte poluidora:** Identificando rapidamente a fonte poluidora é possível conter os hidrocarbonetos derramados e evitar situações de poluição adicionais. No guia de apoio, é referido que a identificação da fonte poluidora é feita: i) cruzando toda a informação disponível no Sistema de Controlo de Tráfego Marítimo e no Sistema de Identificação Automática; ii) recorrendo à cooperação internacional e aos dispositivos de controlo portuário do Memorandum of Understanding (MOU); iii) recorrendo ao método “call to all stations” nos portos dos estados contratantes;
- **Identificação dos HC derramados:** Conhecendo o poluente é possível optar por equipamentos ou técnicas mais adequadas. Por exemplo, se um hidrocarboneto for muito viscoso pode impedir uma recolha eficaz por alguns tipos de recuperadores. Para identificar os HC derramados a DGAM sugere que: i) se recolha informação fornecida pelo armador ou pelo navio; ii) se consultem as fichas de produtos que a autoridade marítima tenha disponíveis; iii) se observe visualmente as substâncias derramadas; iv) se realizem análises laboratoriais.

- **Conhecimento das condições meteorológicas e do estado do mar:** Ter acesso a estas informações é extremamente útil, pois é em função delas que se decidem os equipamentos e procedimentos a usar. Uma agitação do mar muito violenta pode prejudicar as ações de recuperação de hidrocarbonetos ou até fazer com que o poluente derramado se espalhe. Alguma desta informação pode ser consultada na internet, concretamente na página eletrónica do Instituto Português do Mar e da Atmosfera ou no Portal de Oceanografia Naval;
- **Conhecimento rigoroso dos espaços marítimos e costeiros afetados:** Sabendo a área e os locais afetados é possível escolher, de forma eficaz, os equipamentos mobilizados ou as técnicas escolhidas. Fazendo uma observação visual ou recorrendo à escala de gravidade Polscale pode-se fazer uma estimativa da dimensão do evento de poluição;
- **Direção das operações competente:** Embora as equipas já devam ter sido previamente formadas, se as pessoas responsáveis pela sua coordenação e pela tomada de decisão não forem competentes a missão de combate será desordenada e pouco eficaz;
- **Equipas competentes:** Além da formação é necessário que as equipas de resposta sejam ágeis, não percam tempo com erros desnecessários e tenham sempre em conta as regras de segurança. Como o combate à poluição é da responsabilidade da Marinha, e como já têm uma hierarquia e ações para cada grau hierárquico bem definidas, a competência das equipas e das direções deve ser cumprida;
- **Comunicação:** Sem uma boa comunicação entre todos os intervenientes (entidades governamentais, responsáveis, equipas, comunicação social, população geral, etc) a missão pode-se tornar desordenada e pouco eficaz. Desta forma evitam-se erros desnecessários e a criação de rumores.

Embora no guia de apoio da DGAM se faça referência a alguns destes elementos, não foi possível apurar se os mesmos são totalmente cumpridos na preparação e no combate à poluição por hidrocarbonetos, uma vez que não existe informação disponível ao público em geral.

Página em branco



## Referências

Obtido em 29 de Novembro de 2015, de Canadianpond.ca:  
<https://canadianpond.ca/learn/air-bubble-curtains/discover-air-bubble-curtain-applications-bubble-tubing/>

Obtido em 30 de Novembro de 2015, de Nautic Expo:  
<http://www.nauticexpo.com/prod/empteezy/product-34428-253156.html>

Obtido em 30 de Novembro de 2015, de Slickbar Indonesia:  
<http://www.slickbar.co.id/index.php?page=detailprod.php&t=p&pid=B&spid=B5>

Obtido em 30 de Novembro de 2015, de Elastec:  
<http://elastec.com/oilspill/oildrumskimmers/shovelhead/gallery/>

Obtido em 1 de Dezembro de 2015, de Buffalo Industries:  
<http://www.buffaloindustries.com/sorbents-and-spill-kits/>

Obtido em 1 de Dezembro de 2015, de SpillTech:  
<https://www.spilltech.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?storeId=10052&catalogId=10151&langId=&categoryId=10908&subCategoryId=10972&topCategoryId=10976&productId=11958>

Obtido em 11 de Janeiro de 2016, de Humanitarian Aid and Civil Protection:  
[http://ec.europa.eu/echo/what/civil-protection/response-to-marine-pollution\\_en](http://ec.europa.eu/echo/what/civil-protection/response-to-marine-pollution_en)

Obtido em 27 de Janeiro de 2016, de Projeto ECORISK:  
[http://www.ciimar.up.pt/ecorisk/?page\\_id=2](http://www.ciimar.up.pt/ecorisk/?page_id=2)

Obtido em 28 de Janeiro de 2016, de Gestão Costeira Integrada:  
<http://www.aprh.pt/rgci/glossario/escalaBeaufort.html>

Obtido em 28 de Janeiro de 2016, de Brown University:  
<http://www.geo.brown.edu/research/Fox-Kemper/projects/CMGNASA/index.html>

Obtido em 15 de Fevereiro de 2016, de Medess4ms: <http://www.medess4ms.eu/marine-pollution>

(11 de Maio de 2015). Obtido em 27 de Janeiro de 2016, de Projeto ECORISK:  
<http://www.ciimar.up.pt/ecorisk/?p=230>

Adiomas Services Pty Ltd. (2014). Obtido em 18 de Janeiro de 2016

- Almeida, C. R., Reis, I., Couto, M. N., Bordalo, A. A., & Mucha, A. P. (2013). Potential of the microbial community present in an unimpacted beach sediment to remediate petroleum hydrocarbons. 20(5).
- Alves, E. N., & Aaltonen, M. (2015). *Implementação do Plano Nacional de Contingência*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- American Petroleum Institute. (s.d.). *Manual Recovery*. Obtido em 1 de Dezembro de 2015, de Oil Spill Prevention + Response: <http://www.oilspillprevention.org/oil-spill-cleanup/oil-spill-cleanup-toolkit/manual-recovery>
- Andreotti, F., Mucha, A. P., Caetano, C., Rodrigues, P., Gomes, C. R., & Almeida, C. M. (2015). Interactions between salt marsh plants and Cu nanoparticles - Effects on metal uptake and phytoremediation processes. 120.
- Aquaquick Europe. (s.d.). Obtido em 21 de Janeiro de 2016, de Aquaquick Europe: <https://www.aquaquickeurope.com/our-applications/oil-pit-seperator/>
- Atividades educativas*. (s.d.). Obtido em 27 de Janeiro de 2016, de Projeto ECORISK: [http://www.ciimar.up.pt/ecorisk/?page\\_id=122](http://www.ciimar.up.pt/ecorisk/?page_id=122)
- Aydin, G. O., & Sonmez, H. B. (2015). Hydrophobic poly(alkoxysilane) organogels as sorbent material for oil spill cleanup. 96(1-2).
- Bio, A., Bastos, L., Granja, H., Pinho, J. L., Gonçalves, J. A., Henriques, R., . . . Rodrigues, D. (2015). Métodos de monitorização e análise de risco de erosão costeira: dois casos de estudo portugueses. 15(1).
- Brown, C. E., Myslicki, G. E., & Fingas, M. F. (2003). *Remote Detection of Submerged Oil Emulsion With a Range-gated Laser Fluorosensor*.
- Buist, I., Potter, S., Nedwed, T., & Mullin, J. (2011). Herding surfactants to contract and thicken oil spills in pack ice for in situ burning. 67(1-2).
- Carvalho, F. d. (2015). *Resposta Nacional a Incidentes de Poluição*.
- Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre). (2011). *Local Authorities' Guide - What to do in the event of a spill?*
- Costa, S., & Guilhermino, L. (2015). Derrames de petróleo - Causas, consequências e medidas de mitigação. Porto: CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental.

- de los Santos, C. B., Neuparth, T., Torres, T., Martins, I., Cunha, I., Sheahan, D., Santos, M. M. (2015). Ecological modelling and toxicity data coupled to assess population recovery of marine amphipod *Gammarus locusta*: Application to disturbance by chronic exposure to aniline. 163.
- Deepwater Horizon Response Incident Command Post. (2010). *Fact sheet: Skimmers*.
- Direção do Combate à Poluição do Mar (DCPM). (s.d.). Guia de Apoio - Contenção e Recuperação.
- Direção-Geral da Autoridade Marítima. (2011). Guia de Apoio ao Combate à Poluição do Mar por Hidrocarbonetos e Outras Substâncias Perigosas.
- European Maritime Safety Agency. (2004). *Action Plan For Oil Pollution Preparedness and Response*.
- Fernandes, J. P. (2014). *Response of microorganisms from natural and constructed wetlands to veterinary drugs*. FCUP.
- Fernandes, R. (2001). *Modelação de Derrames de Hidrocarbonetos*. Instituto Superior Técnico.
- Fingas, M. (2001). *The Basics of Oil Spill Cleanup*. Canadá: Lewis Publishers.
- Fingas, M. (2011). *Oil Spill Science and Technology*. Canadá: Elsevier Science.
- Fingas, M. (2013). *The Basics of Oil Spill Cleanup* (2ª ed.). (J. Charles, Ed.) Canadá: CRC Press - Grupo Taylor and Francis.
- Fingas, M. (2014). Water-in-Oil Emulsions: Formation and Prediction. *Journal of Petroleum Science Research*, 3(1).
- Fingas, M., & Brown, C. (2014). Review of oil spill remote sensing. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1).
- Fobes, N. (Janeiro de 1990). Obtido em 1 de Dezembro de 2015, de National Geographic: <http://ngm.nationalgeographic.com/1990/01/alaska-oil-spill/hodgson-text>
- Gonçalves, A., & Granzieira, M. L. (2012). *Petróleo, Gás e Meio Ambiente*. Santos: Editora Universitária Leopoldianum.
- Guodong, Q., Yupeng, Z., Xuhe, R., & Jie, C. (2015). Research on Development and Effectiveness Evaluation Technology of New Environment-friendly Oil Spill Dispersant. 3.

- Hamilton, T. M. (16 de Setembro de 2014). Obtido em 13 de Janeiro de 2016, de eia - U.S. Energy Information Administration: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=17991>
- HIDROMOD. (s.d.). *HIDROMOD - modelação em engenharia*. Obtido em 2016 de 1 de 12, de [http://www.hidromod.com/en/det\\_noticia.asp?notid=12](http://www.hidromod.com/en/det_noticia.asp?notid=12)
- Hochanadel, D. (15 de Março de 2010). *Lake Scientist - The online source for lake science and technology*. Obtido em 29 de Novembro de 2015, de <http://www.lakescientist.com/niagara-river-ice-boom-to-remain-at-least-two-more-weeks/>
- Iglesias, I., Avilez-Valente, P., Couvelard, X., & Caldeira, R. M. (2014). Geostrophic influence in the River Douro plume: a climatological. Porto.
- International Energy Agency. (2015). *Key World Energy Statistics*.
- International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. (2014). *Guidelines for the selection of in-situ burning equipment*.
- International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. (2014). *Oil spill waste minimization and management - Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*.
- Koran, K. M., Venosa, A. D., Luedeker, C. C., Dunnigan, K., & A., G. (2009). Development and testing of a new protocol for evaluating the effectiveness of oil spill surface washing agents. 58(12).
- Leiro, A. (5 de Dezembro de 2002). Obtido em 1 de Dezembro de 2015, de Panoramio: <http://www.panoramio.com/photo/82861030>
- Long, M. D. (s.d.). *Remote Sensing for Offshore Marine Oil Spill Emergency - Management, Security and Pollution Control*.
- Markleen. (s.d.). *Markleen - Oil Spill Technology*. Obtido em 2015 de Novembro de 29, de <http://www.markleen.com/products/>
- Oliveira, P., Lopes-Lima, M., Machado, J., & Guilhermino, L. (2015). Comparative sensitivity of European native (*Anodonta anatina*) and exotic (*Corbicula fluminea*) bivalves to mercury. 167.
- Oliveira, T., Mucha, A. P., Reis, I., Rodrigues, P., Gomes, C. R., & Almeida, C. M. (2014). Copper phytoremediation by a salt marsh plant (*Phragmites australis*) enhanced by autochthonous bioaugmentation. 88(1-2).

- Pelyushenko, S. A. (1995). Microwave radiometer system for the detection of oil slicks. 2(4).
- Raj, K. G., & Joy, P. A. (2015). Coconut shell based activated carbon-iron oxide magnetic nanocomposite for fast and efficient removal of oil spills. 3(3).
- Ramakrishna, U. (18 de Novembro de 2011). *Oil Weathering Process*. Obtido de The Encyclopedia of Earth: <http://www.eoearth.org/view/article/171591/>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 25/93*. (1993). Diário da República - I Série B.
- Ribeiro, H., Almeida, C. R., Magalhães, C., Bordalo, A. A., & Mucha, A. P. (2015). Salt marsh sediment characteristics as key regulators on the efficiency of hydrocarbons bioremediation by *Juncus maritimus* rhizospheric bacterial community. 22(1).
- Rodrigues, A. P., Santos, L. H., Ramalhosa, M. J., Delerue-Matos, C., & Guimarães, L. (2015). Sertraline accumulation and effects in the estuarine decapod *Carcinus maenas*: Importance of the history of exposure to chemical stress. 283.
- Santo, C. M. (2000). *Protecção das Zonas Costeiras Contra A Poluição Por Hidrocarbonetos*. Porto: FEUP.
- Sardinha, Á. (2013). *Registo de navios - Estados de bandeira*. Lisboa.
- Semedo, M., Oliveira, M., Gomes, F., Reis-Henriques, M. A., Delerue-Matos, C., Morais, S., & Ferreira, M. (2014). Seasonal patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons in digestive gland and arm of octopus (*Octopus vulgaris*) from the Northwest Atlantic. 481.
- Singha, S., Vespe, M., & Trieschmann, O. (2013). Automatic Synthetic Aperture Radar based oil spill detection and performance estimation via a semi-automatic operational service benchmark. 73(1).
- Taylor, A. (24 de Março de 2014). *The Atlantic*. Obtido em 27 de Novembro de 2015, de <http://www.theatlantic.com/photo/2014/03/the-exxon-valdez-oil-spill-25-years-ago-today/100703/>
- The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution. (s.d.). Obtido em 11 de Janeiro de 2016, de [http://www.blacksea-commission.org/\\_convention.asp](http://www.blacksea-commission.org/_convention.asp)
- The International Tanker Owners Pollution Federation. (s.d.). *Oil Spill Modelling*. Obtido em 12 de Janeiro de 2016, de ITOPF: <http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/fate-of-oil-spills/oil-spill-modelling/>
- Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable Energy Resources* (3ª ed.). Oxfordshire: Routledge - Grupo Taylor & Francis.

Venade, C. S. (2013). *Contaminação ambiental por disruptores endócrinos - Estuário do rio Minho*. ICBAS.

Wu, D., Fang, L., Qin, Y., Wu, W., Mao, C., & Zhu, H. (2014). Oil sorbents with high sorption capacity, oil/water selectivity and reusability for oil spill cleanup. *84*(1-2).

# Anexo A Desempenho de alguns recuperadores

Tabela 1 - Desempenho dos recuperadores típicos (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013).

Tipo de recuperador	Taxa de recolha por tipo de derivado petrolífero (m³/h)				
	<i>Diesel</i>	Crude Leve	Crude Pesado	<i>Bunker C</i>	Percentagem de hidrocarbonetos *
<b>Recuperadores oleofílicos</b>					
Disco pequeno	0,4 até 1	0,2 até 2	-	-	80 até 95
Disco grande	-	10 até 20	10 até 50	-	80 até 95
Escova (tambor)	0,2 até 0,8	0,5 até 20	0,5 até 2	0,5 até 2	80 até 95
Escova (cinta)	0,4 até 1	15 até 30	1 até 10	1 até 10	80 até 95
Tambor grande	-	10 até 30	-	-	80 até 95
Tambor pequeno	0,5 até 5	0,5 até 5	-	-	80 até 95
Cinta grande	1 até 5	1 até 20	3 até 20	3 até 10	75 até 95
Cinta (invertido)	-	10 até 30	-	-	85 até 95
Cordão	-	2 até 20	2 até 10	-	-
<b>Recuperadores de acumulação</b>					
Grande acumulador	0,2 até 10	0,5 até 5	2 até 20	-	20 até 80
Pequeno acumulador	-	30 até 100	5 até 10	3 até 5	50 até 90
Acumulador avançado	1 até 10	5 até 30	5 até 25		30 até 70
<b>Recuperadores elevatórios</b>					
Pás	-	1 até 10	1 até 20	1 até 5	10 até 40
<b>Recuperadores de submersão</b>					
Grande	0,5 até 1	1 até 80	1 até 20	-	70 até 95
<b>Recuperadores de sucção</b>					
Pequeno	0,3 até 1	0,3 até 2	-	-	3 até 10
Grande unidade de arrasto	-	2 até 40	-	-	20 até 90
Grande unidade de sucção	-	3 até 20	3 até 10	-	10 até 80

\* É a percentagem de hidrocarbonetos presente no produto recolhido pelo recuperador. Quanto maior o volume, menor quantidade de água recolhida e por isso melhor o desempenho do recuperador.

## Anexo B Desempenho de alguns materiais absorventes e adsorventes

Tabela 2 - Desempenho de alguns materiais absorventes e adsorventes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Tipo de produto	Taxa de recolha por tipo de derivado petrolífero (peso:peso)				
	<i>Diesel</i>	Crude leve	Crude pesado	<i>Bunker C</i>	Percentagem de hidrocarbonetos*
<b>Produtos sintéticos</b>					
Sintético granular	2	2	1		
Placas de poliéster	7	9	12	20	90+
Placas de polietileno	25	30	35	40	90+
Tiras de Poliolefina	2	2	3	8	90+
Placas de polipropileno	6	8	10	13	90+
Tiras de polipropileno	3	6	6	15	90+
Placas de poliuretano	20	30	40	45	90+
<b>Produtos Naturais Orgânicas</b>					
Fibra de madeira ou de casca de árvores	1	3	3	5	70
Penas	1	3	3	2	80+
Celulose (tratada)	3	4	6		70
Espigas de milho	1	1	1		70
Placas de algodão	10	15	20		70
Cabelo	2	6	6		70
Musgo	2	3	4	5	80+
Musgo tratado	5	6	8	10	80+
Palha	2	2	3	4	70
Fibra vegetal	9	4	4	10	80+
<b>Produtos Naturais Inorgânicos</b>					
Argila (areia para gatos)	3	3	3	2	70
Perlite tratada	8	8	8	9	70
Vermiculita tratada	3	3	4	8	70
Vermiculita	2	2	3	5	70

\* É a percentagem de hidrocarbonetos presente no produto recolhido pelo recuperador. Quanto maior o volume, menor quantidade de água recolhida e por isso melhor o desempenho dos materiais absorventes e adsorventes.



## Anexo C Toxicidade aguda de certos dispersantes

Tabela 3 - Resultado do teste à toxicidade aguda de certos dispersantes (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Dispersante	Organismo	DL <sub>50</sub> - 96 horas (mg/L)	Dispersante	Organismo	DL <sub>50</sub> - 96 horas (mg/L)
Corexit 9500	Oncorhynchus mykiss	354	Enersperse 700	Daphnia magna	40
Corexit 9527	Daphnia magna	37	Enersperse 700	Daphnia magna	60
Corexit 9527	Daphnia magna	31	Enersperse 700	Daphnia magna	51
Corexit 9527	Daphnia magna	40	Enersperse 700	Daphnia magna	52
Corexit 9527	Daphnia magna	42	Corexit CRX-8	Daphnia magna	0,6
Corexit 9527	Daphnia magna	34	Corexit CRX-8	Daphnia magna	<1
Corexit 9527	Daphnia magna	42	Corexit CRX-8	Daphnia magna	<1
Corexit 9527	Gasterosteus aculeatus	130	Corexit CRX-8	Daphnia magna	24
Corexit 9527	Gasterosteus aculeatus	104	Corexit CRX-8	Daphnia magna	37
Corexit 9527	Gasterosteus aculeatus	24	Corexit CRX-8	Daphnia magna	30
Corexit 9527	Oncorhynchus mykiss	108	Dispersant G.E.	Oncorhynchus mykiss	35
Finasol OSR-52	Salmo gairdneri	71	Dispersant G.P.	Oncorhynchus mykiss	200
Neos AB3000	Gasterosteus aculeatus	320	Dispersant G.T.	Oncorhynchus mykiss	8
Neos AB3000	Salmo gairdneri	≥320	Dispersant G.W.	Oncorhynchus mykiss	2
Nokomis 3	Salmo gairdneri	≥110	Dispersant G.Y.	Oncorhynchus mykiss	0,71
Enersperse 700	Daphnia magna	52	Pennyworth	Salmo gairdneri	44
Enersperse 700	Daphnia magna	45	Dispersante Shell	Salmo gairdneri	71

## Anexo D Informações relativas à aplicação de agentes de lavagem de superfícies

*Tabela 4 - Uso de agente de lavagem de superfícies e principais testes de campo (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).*

País	Data	Localização	Nome	Volume de contaminante	Tipo de hidrocarbonetos	Agente Usado	Eficácia
Canadá	1999	Quebeque	Havre St.Pierre	~10 ton	Bunker C	Corexit 9580	Sucesso
Canadá	1999	Nova Escócia	Canso	~1 ton	Bunker C	Corexit 9580	Sucesso
Estados Unidos	1998	Alasca	Exxon Valdez	Teste	North Slope	PES 51	Desconhecido
Estados Unidos	1997	Maine	Julie N.	Teste	Bunker C	Corexit 9580	50% removido
Uruguai	Março 97	Costa	San Jorge	Teste	-	Corexit 9580	Sucesso
Uruguai	Março 97	Costa	San Jorge	Teste	-	Eviroclean	Sucesso
Estados Unidos	6/Out/96	Maine	Julie N.	Teste	Bunker C	Corexit 9580	Variou
Nova Zelândia	1996	Wellington	Sydney Express/ Maria Luisa	8 ton	Diesel	OSD 9	Sucesso
Estados Unidos	1994	Porto Rico	Morris J. Berman	Teste	Bunker C	Corexit 9580	Sucesso
Estados Unidos	1994	Porto Rico	Morris J. Berman	Teste	Bunker C	PES 51	Sucesso
Estados Unidos	1994	Texas	San Jacinto River	Pequena quantidade	Crude	Corexit 9580	Sucesso
Estados Unidos	1994	Louisiana	Oil marsh	Pequena quantidade	Crude	Corexit 9580	Sucesso
Estados Unidos	1993	Alasca	Exxon Valdez	Teste	North Slope	PES 51	Sucesso
Grã-Bretanha	1987	Folkestone	Test	Teste	Óleo combustível e emulsões	Dispersantes	Variável
Grã-Bretanha	1985-88	País de Gales	Test	Teste	Óleo combustível e crude	Dispersantes	Variável
Estados Unidos	1970	Flórida	Delian Appollan	Teste	Bunker C	Corexit 8666	Variável

*Tabela 5 - Eficácia de agentes de lavagem de superfícies (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).*

Nome do produto	Percentagem de hidrocarboneto removido		Toxicidade (DL <sub>50</sub> )	Eficácia como Dispersante (%)
	Água doce	Água salgada		
Corexit 9580	69	53	>10 000	0
D-Limonene	51	52	35	0
Penmul R-740	49	44	24	9
Limonene '0'	38	43	35	0
TRL-900	50	40	7	0
Formula 2067	41	39	11	0
Ecologic 5M10MB10	24	38	62	0
Citrikleen XPC	37	36	34	2
ECP 99 Oil Eater	34	36	16	7
Oriclean	-	32	70	0
Ultrasperse II	41	32	57	14
Formula 861	32	32	24	0
Core Tech 2000x	31	27		22
Corexit 7664	25	27	850	2
ECP Responder SW	20	26	57	6
Neutro Gold	18	26	50	7
Core Tech 2000	26	25	325	21
Pronatur Extra	19	25	9	0
Superall	22	24		
Bioorganic	-	23	18	0
BP 1100 X AB	28	23	2900	0
AutoScrub Gold	15	22	57	7
BP 1100WD	30	21	120	6
Tesoro Pes 51	23	21	14	0
Ecologic BF-104	35	20	62	0
Champion JS10-232	27	20	1060	0
COR 7664/Isopar	17	20	1500	1
Biosurf	15	20	42	0
Champion JS10-242	27	19	380	<5
Tesoro Pes 41	22	19	9	0
ERA 369	21	19	10	10

## Anexo E Testes a solidificadores

Tabela 6 - Testes a solidificadores (Fingas, Oil Spill Science and Technology, 2011).

Agente	Percentagem solidificada*	Toxicidade aquática**
A610 Petrobond (Nochar)	13	>5600
Rawflex	16	>5600
Envirobond 403	18	>5600
Norsorex	19	>5600
Jet Gell	19	>5600
Grabber A	21	> 3665
Rubberizer	24	>5600
SmartBond HS	25	>5600
Elastol	26	>5600
CI Agent	26	>5600
Gelco 200	29	>5600
Oil Bond100	33	>5600
Oil Sponge	36	>5600
Spill Green LS	43	>10000
Petro Lock	44	>5600
SmartBond HO	45	>5600
Cera derretida	109	>5600
Cera em pó	278	>5600

\* Valores da média de pelo menos 3 medições. Desvio padrão médio = 6.

\*\* Valores da DL50 em 96 horas para a Truta arco-íris.

## Anexo F Informações relativas à queima in-situ

Tabela 7 - Informação relativa a dispositivos de ignição (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014).

	Dispositivo de ignição flutuante simples	Drip torch		Terra Torch		Flare/fuse		Dispositivos de esferas de plástico			Heli-torch
	Portátil	Portátil	ATV	Veículo aéreo	ATV	Portátil	Veículo aéreo	ATV	Portátil	Embarcações	Veículo aéreo
Localização											
Mar	✓					✓	✓		✓	✓	✓
Terra		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Caraterísticas necessárias											
Tempo de ignição curto				✓	✓						✓
Tempo de ignição longo	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Baixa intensidade de queima	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Alta intensidade de queima				✓	✓						✓
Custo											
Baixo	✓	✓	✓			✓					
Médio					✓		✓	✓	✓	✓	
Alto				✓							✓

*Tabela 8 - Propriedades da queima de alguns compostos (Fingas, The Basics of Oil Spill Cleanup, 2013).*

Composto	Facilidade de queima	Facilidade de ignição	Propagação da chama	Taxa de queima (mm/min)	Facilidade em acalmar a chama	Eficiência (%)
<b>Gasolina</b>	Muito alta	Muito fácil	Rápida (através dos vapores)	3,5	Média	95-99
<b>Diesel</b>	Alta	Fácil	Moderada	2,9	Muito alta	90-98
<b>Crude leve</b>	Alta	Fácil	Moderada	3,5	Alta	85-98
<b>Crude médio</b>	Moderada	Fácil	Moderada	3,5	Média	80-95
<b>Crude pesado</b>	Moderada	Média	Moderada	3	Média	75-90
<b>Crude alterado</b>	Baixa	Difícil	Lenta	2,8	Baixa	50-90
<b>Crude com gelo</b>	Baixa	Difícil	Lenta	2	Média	50-90
<b>Fuel leve</b>	Baixa	Difícil	Lenta	2,5	Baixa	50-80
<b>Fuel pesado</b>	Muito baixa	Difícil	Lenta	2,2	Baixa	40-70
<b>Óleo de lubrificação</b>	Muito baixa	Difícil	Lenta	2	Média	40-60
<b>Óleos usados</b>	Baixa	Difícil	Lenta	2	Média	30-60
<b>Emulsão</b>	Baixa	Difícil	Lenta	1 até 2	Baixa	30-60

## Anexo G Questões de morfologia local

*Tabela 9 - Comportamento dos HC em alguns tipos de morfologia costeira (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).*

Natureza Substrato	Forma	Interação entre o mar e os HC
Leito Rochoso	Falésias e plataformas	Os HC podem ficar retidos em afloramentos e falésias por ondas refletidas e podem ser atirados para cima da zona de surriada por ondas e vento onde se pode acumular em superfícies rugosas ou porosas.
Artificial	Molhes e paredes	Onde se façam sentir as marés, os HC acumulam-se em poças rodeadas de rochas e no espaço das rochas afetado pelas marés, mas em geral é facilmente removido pela ação das ondas.  Os HC podem persistir em fendas e em substratos porosos.
Seixos (> 250mm)	Praias e enrocamentos	Os HC podem penetrar profundamente nos interstícios. Com fortes correntes e agitação marítima, os HC de baixa viscosidade tendem a desaparecer depressa.  Os HC podem persistir em locais com fendas profundas ou em associação com sedimentos finos (por exemplo, gravilha).
Calhaus, granulado e cascalho (2 a 250 mm)	Praias	Em geral, a penetração dos HC decresce com o tamanho das partículas. Com fortes correntes e agitação marítima, os sedimentos superficiais são limpos depressa por abrasão, enquanto os HC enterrados podem persistir. Os HC com baixa viscosidade podem ser removidos da praia através das marés e das ondas.
Areia (<2 mm)	Praias e bancos de areia	O tamanho das partículas, a profundidade e as características de drenagem, determinam a taxa de penetração dos HC na areia das praias. Areia grossa tende a absorver mais os produtos com baixa viscosidade. Os HC concentram-se, geralmente, perto da mais alta linha de água. Areia de grão fino é geralmente associada a praias com perfil laminar pelo que ocorre baixa penetração. Os HC podem ser enterrados na zona de rebentação ou quando as praias cresçam por acumulação de areias.
Lamas e Lodos	Zonas de maré baixa, mangais e salinas	Depósitos de lama ocorrem em costas com fraca agitação marítima. Dá-se baixa penetração no substrato se o sedimento estiver alagado, sobretudo se o HC tiver alta viscosidade. Os HC podem persistir por longos períodos e podem percolar nas lamas secas das marés baixas. Se o derrame coincidir com uma tempestade, o HC poderá incorporar-se no sedimento e nas camadas subsuperficiais e persistir aí por muitos anos.
Corais	Recifes	A maioria dos corais estão imersos durante toda a maré e não são afetados por HC flutuantes. Onde estão expostos o impacto será muito maior. Contudo, as fortes correntes e agitação marítima podem produzir rápida limpeza natural.

## Anexo H Escala de vento e do estado do mar (Beaufort e Douglas)














Termos da escala	Velocidade do vento em nós	Descrição	Símbolo meteorológico	Aspecto do mar	Altura da Vaga (metros)
0	0 - 1	Calma		Mar de azeite	0
1	1 - 3	Aragem		Rugas na água em forma de escamas, sem cristas de espuma	0 - 0.10
2	4 - 6	Fraco		Pequenas vagas curtas mas marcadas; cristas translúcidas, mas não rebentam	0.10 - 0.25
3	7 - 10	Bonanzoso		Pequenas vagas mais alongadas, as cristas começam a rebentar, espuma vitrea; alguns carneiros	0.25 - 1.0
4	11 - 16	Moderado		Pequenas vagas alongadas, mais carneirada	1.0 - 1.50
5	17 - 21	V. Fresco		Vagas médias de forma alongada, aumenta a carneirada	1.50 - 2.50
6	22 - 27	Muito Fresco (Frescalhão)		Vagas grandes em formação; cristas espumantes com ronciana	2.50 - 4.0
7	28 - 33	Forte		As vagas acumulam-se a espuma alonga-se em fieiros esbranquiçados na direcção do vento	4.0 - 5.50
8	34 - 40	Muito Forte (Muito Rijo)		Vagas medianamente altas mas compridas; as cristas rebentam em turbilhão, a espuma estende-se em fieiros nítidos na direcção do vento	5.50 - 7.50
9	41 - 47	Tempestuoso		Vagas altas, fieiros densos, o mar enrola, a ronciana diminui, por vezes, a visibilidade	7.5 - 10.0
10	48 - 55	Temporal		Vagas muito altas, de cristas compridas e pendentes, ronciana em lençóis estirados em faixas brancas, superfície da água esbranquiçada, o rolo é violento e caótico, má visibilidade	10.0 - 12.0
11	56 - 63	Temporal Desfeito		Vagas excepcionalmente altas, mar coberto de faixas de espuma, os picos das cristas são poeira de água, má visibilidade	12.0 - 16.0
12	> 64	Furacão		O ar está saturado de espuma e ronciana, mar completamente branco, péssima visibilidade	> 16.0

Figura 1- Escala de Beaufort e Douglas (Gestão Costeira Integrada, s.d.).



## Anexo I Escala Polscale

*Tabela 10 - Escala de gravidade da poluição causada por hidrocarbonetos em áreas costeiras de acordo com a escala Polscale (Alves & Aaltonen, 2015).*

Gravidade da poluição	Nível	Quantidade estimada de óleo na área costeira (m³)	Escala do Incidente	Duração do Tempo de resposta	Vulnerabilidade das Áreas Sensíveis	Gravidade dos Danos Económicos
Zero ou Insignificante	0	<0,1	-	<1 dia	Não se aplica	Não se aplica
Leve	1	0,1 a 10	Local	Até 1 semana	Afetou, mas não de forma significativa	Distúrbio limitado e temporário
Moderada	2	11 a 1 000	Regional	Até 1 mês	Afetou localmente	Algumas atividades interrompidas em pequena escala
Severa	3	1 001 a 10 000	Nacional	Até 6 meses	Afetou muitos locais	Atividades principais interrompidas
Catastrófica	4	> 10 000	Internacional	>6 meses	Grande perda de habitats valiosos	Atividades suspensas temporariamente

## Anexo J Elementos considerados na elaboração de um mapa de sensibilidade

Tabela 11 - Elementos considerados na elaboração de mapas de sensibilidade (Fingas, *The Basics of Oil Spill Cleanup*, 2013)

Áreas mais sensíveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de proteção prioritária;</li> <li>• Habitats mais sensíveis.</li> </ul>
Biota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização sazonal de aves, mamíferos e peixes;</li> <li>• Plantas sensíveis;</li> <li>• Recursos naturais importantes.</li> </ul>
Características ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas húmidas;</li> <li>• Reservas;</li> <li>• Correntes de água;</li> <li>• Características invulgares.</li> </ul>
Linha da costa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos;</li> <li>• Sensibilidades;</li> <li>• Tipos de vegetação.</li> </ul>
Caraterísticas de controlo de derrames	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação das barreiras de contenção;</li> <li>• Localização dos equipamentos;</li> <li>• Zonas delineadas para contramedidas;</li> <li>• Áreas de limpeza prioritárias.</li> </ul>
Proteção das comodidades humanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captações de água;</li> <li>• Propriedades da linha da costa;</li> <li>• Praias de recreio;</li> <li>• Parques e reservas;</li> <li>• Áreas de mari cultura;</li> <li>• Viveiros e armadilhas de peixes;</li> <li>• Marinas;</li> <li>• Locais arqueológicos.</li> </ul>
Ativos físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estradas;</li> <li>• Descargas de esgoto;</li> <li>• Saída de barcos;</li> <li>• Barragens e represas.</li> </ul>

## Anexo K Fluxograma sumário das principais ações de combate à poluição por HC

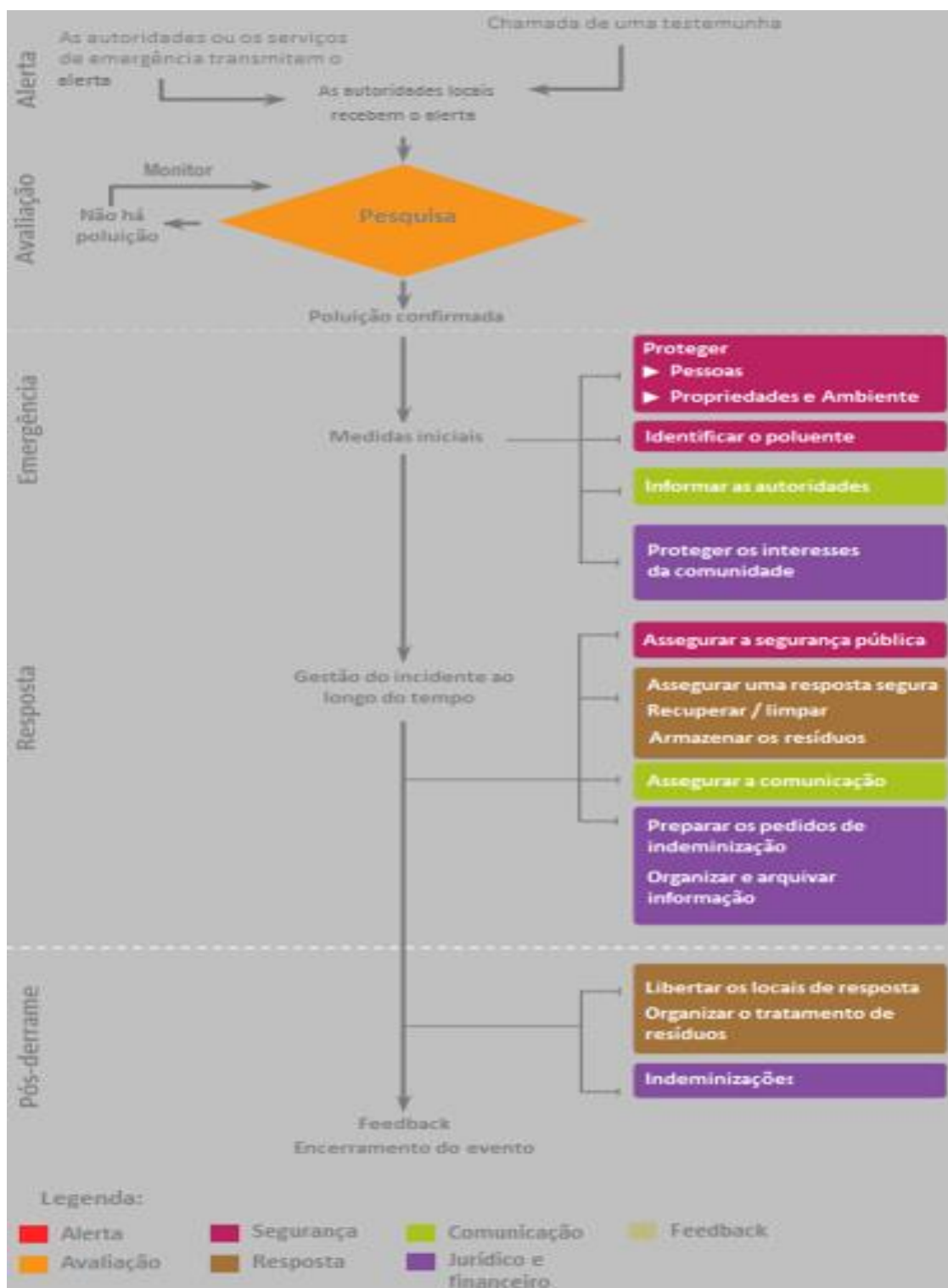


Figura 2- Fluxograma sumário das principais ações de combate à poluição sugerida pelo Cedre (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution (Cedre), 2011).

## Anexo L Projeto ECORISK

O projeto ECORISK - Avaliação de Risco Ecológico de Derrames de Petróleo e Substâncias Perigosas e Nocivas na costa Noroeste de Portugal, que começou em 2013 e terminou em 2015, teve como principal objetivo a “avaliação de risco ecológico de potenciais derrames de petróleo e de outras substâncias perigosas provenientes de acidentes que possam ocorrer na costa NO portuguesa e nos seus principais estuários (Douro e Minho)” (Projeto ECORISK, s.d.).

No âmbito deste projeto foram desenvolvidos, entre outros, os seguintes estudos:

- **Resposta dos microrganismos de zonas húmidas naturais ou artificiais aos fármacos veterinários** - Como o próprio nome indica, este estudo foi realizado com o objetivo de perceber a resposta das comunidades microbianas das zonas húmidas aos fármacos veterinários. Para isso foram realizadas duas experiências. Na primeira foi avaliada a dinâmica da comunidade microbiana associada à remoção dos antibióticos veterinários (enrofloxacina e tetraciclina) das águas residuais pecuárias, tendo sido obtidos resultados positivos. Na segunda foi avaliada, em diferentes condições nutricionais, a resposta da associação plantas-microrganismos de um sapal à contaminação com enrofloxacina. Nesta experiência foram obtidos resultados que comprovam que os fármacos veterinários podem afetar a estrutura da comunidade microbiana e que o potencial de remoção de antibióticos da associação plantas-microrganismos de um sapal é dependente das condições nutricionais (Fernandes J. P., 2014);

- **Contaminação ambiental por disruptores endócrinos no estuário do rio Minho** - Este estudo teve como principais objetivos a quantificação dos níveis de disruptores endócrinos xenoestrogénicos (EDCs) naturais, sintéticos e industriais, a verificação de possíveis flutuações sazonais nas concentrações de EDCs e a verificação de uma possível variação da concentração dos EDCs estudados em função dos gradientes salinidade. Os resultados obtidos apontam para uma contínua contaminação do estuário do rio Minho embora esta seja inferior do que nos dois estuários usados como comparação (Venade, 2013).

- **Interação entre as plantas de um sapal e as nano partículas de Cu: Efeitos na captação de metal e nos processos de fito remediação** - As plantas foram expostas durante 8 dias a solução de sedimentos purificados contaminados com CuO ou com Cu iónico, tendo sido posteriormente determinada a concentração total de metais nos tecidos das plantas. Os resultados mostraram que todas as plantas acumularam Cu nas raízes mas que a acumulação foi 4 a 10 vezes inferior quando o metal foi adicionado na forma nano particular (Andreotti, et al., 2015).

- **Acumulação e efeitos da sertralina no decápode estuarino *Carcinus maenas*: Importância do histórico de exposição ao stress químico** - Este estudo investigou a acumulação de sertralina e os seus efeitos na espécie *Carcinus maenas*. Nesta experiência, os caranguejos do rio Lima e do rio Minho foram expostos a altos níveis de sertralina. O rio Lima é um rio moderadamente contaminado enquanto o rio Minho pouco contaminado. Após 7 dias, os resultados mostraram que as espécies do Lima são mais sensíveis à sertralina do que as do Minho. Além disso, os resultados mostraram uma influência do historial de exposição na sensibilidade diferencial à sertralina e mostraram a necessidade de realizar avaliações com os recetores ecológicos locais para aumentar a relevância das estimativas de risco ao extrapolar do laboratório para as condições de campo (Rodrigues, Santos, Ramalhosa, Delerue-Matos, & Guimarães, 2015).
- **Sensibilidade comparativa entre Bivalves europeus nativos (*Anodonta anatina*) e exóticos (*Corbicula fluminea*) ao mercúrio**: Neste trabalho os organismos adultos das duas espécies foram expostos ao mercúrio durante 96 horas e de forma independente. Os resultados sugerem que em cenários reais de concorrência entre as duas espécies, a presença de mercúrio pode favorecer a espécie exótica, visto que esta é menos sensível ao mercúrio que a espécie nativa (Oliveira, Lopes-Lima, Machado, & Guilhermino, 2015).
- **Combinação da modelação ecológica e dos dados de toxicidade para avaliar a recuperação populacional do anfípode marinho *Gammarus locusta*: Aplicação à perturbação por exposição crónica à anilina** - Este trabalho criou um modelo e implementou-o como base para avaliação do risco ecológico de poluentes químicos. O modelo foi usado para avaliar os efeitos tóxicos da anilina nas populações anfípodes. A simulação com diferentes cenários indicou que até uma exposição de baixo nível, mas prolongada, pode ter impactos significativos a longo prazo na abundância da espécie estudada (de los Santos, et al., 2015).
- **Métodos de monitorização costeira e de avaliação do risco de erosão: dois estudos de caso portugueses** - Neste artigo são descritos e avaliados métodos de pesquisa para a quantificação eficiente das mudanças em ambientes costeiros. No primeiro estudo de casos foram analisados padrões de erosão/crescimento do cabedelo do estuário do Douro, considerando o seu quebra-mar, fluxo fluvial ondas e efeitos do vento. No segundo estudo de casos foi analisada a costa de Vila Nova de Gaia, incluindo a caracterização das características principais e uma análise curta da dinâmica instalada. Tanto um programa como o outro cumpriram os seus objetivos e forneceram informações úteis para as autoridades locais (Bio, et al., 2015).

- **Padrões sazonais dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos na glândula digestiva e braço do polvo (*Octopus vulgaris*) do noroeste do Atlântico** - Neste estudo foi avaliada a capacidade do polvo de desintoxicar 18 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos tal como a capacidade de bio transformação. Além disso, foi determinado o risco de consumo humano pela equivalência total de toxicidade. Os resultados apontam para uma baixa capacidade de bio transformação e para um potencial carcinogénico inferior aos obtidos noutras espécies aquáticas (Semedo, et al., 2014).

- **Fito remediação do cobre por parte de plantas de sapais (*Phragmites australis*) melhorada por bio ampliação autóctone** - Foram recolhidas plantas de sapais com sedimentos nas raízes. Depois foram colocadas em reservatórios e colocadas em estufas em condições de simulação de marés e os sedimentos foram contaminados com cobre. Por fim foi adicionado o consórcio microbiano autóctone. Os resultados mostram que a bio ampliação autóctone pode aumentar o potencial da fito extração de Cobre, que pode ser uma estratégia valiosa para a recuperação e gestão de estuários moderadamente afetados (Oliveira, et al., 2014).

- **Influência geostrófica na pluma do rio Douro: um estudo climatológico** - Neste trabalho foi selecionado o Sistema de Modelação Oceânica Regional (ROMS) para representar diferentes cenários da pluma. Foi concluído que a pluma do rio Douro depende do vento e do comportamento do sistema geostrófico das correntes (Iglesias, Avilez-Valente, Couvelard, & Caldeira, 2014).

Além dos trabalhos científicos, o projeto ECORISK desenvolveu outras atividades informativas e de sensibilização para a poluição tais como a “Oficina de ciência: Maré Negra... e agora?”, destinada a alunos do ensino básico e secundário, a “Oficina de Reciclagem: No Fundo do Mar a Brincar”, cujo público-alvo foram alunos da pré-escolar e do ensino básico e a exposição “Maré negra, o mar sob risco de ameaça” (Atividades educativas, s.d.).

Também no âmbito desse projeto, foi desenvolvido um guia pedagógico intitulado “*Derrames de petróleo: causas, consequências e medidas de mitigação*” que sugere caminhos possíveis na abordagem da temática dos derrames de petróleo (Costa & Guilhermino, 2015).

Alguns elementos do projeto estiveram também presentes no simulacro ANÉMONA 2015, um exercício de Combate à Poluição do Mar promovido pela Direção-geral da Autoridade Marítima (Projeto ECORISK, 2015).

O projeto ECORISK desenvolveu vários temas que já são ou poderão vir a ser úteis no combate à poluição por hidrocarbonetos ou outras substâncias perigosas. Usando a informação recolhida ao longo do projeto é possível aperfeiçoar ou desenvolver novas ferramentas de apoio às missões de combate à poluição.

Infelizmente, ao mesmo tempo que o projeto ECORISK ganha na recolha de informação científica falha na elaboração de orientações operacionais concisas que se tornariam indispensáveis às equipas de combate à poluição. Associada à informação científica recolhida deveriam ter sido desenvolvidos planos de ação que incluíssem estratégias de combate à poluição por hidrocarbonetos e substâncias perigosas e nocivas.

## Anexo M Principais equipamentos da DGAM

Tabela 12 - Principais equipamentos da DCPM (Direção-Geral da Autoridade Marítima, 2011).

Designação	Marca	Tipo	Quantidade
Barreira	OEL NOLTE - ITEECRAN	Porto	110 m
Barreira	LORI	Estuário	3 conj.
Barreira	EXPANDI	Absorvente	1 200 m
Barreira	ARIES	Estuário	420 m
Barreira	TMB	Oceânica	2 285 m
Barreira	RO-CLEAN DESMI	Estuário	1 280 m
Barreira	-	Oceânica	1 conj.
Barreira	TMB	Estuário	570 m
Barreira	MARKLEEN	Praia	255 m
Barreira	-	Estuário	40 m
Barreira	KLÉBER	Estuário	365 m
Barreira	ROULUNDS	Oceânica	600 m
Barreira	-	Praia	260 m
Barreira	MARKLEEN	Estuário	720 m
Barreira	VIKOMA	Praia	360 m
Bomba	FRAMO	Submersível	2 un.
Bomba	HONDA	Centrífuga	2 un.
Bomba	SELWOOD	Membrana	8 un.
Bomba	ROSENBAUER	Centrífuga	5 un.
Bomba	CAMPEON	Centrífuga	1 un.
Bomba	GUINARD	Submersível	4 un.
Bomba	HOMELITE	Centrífuga	1 un.
Bomba	LE FLOCH PUMP	Lóbulos	1 un.
Bomba	WILDEN	Diafragma	1 un.
Bomba	INGERSOLL-RAND	Diafragma	1 un.
Bomba	DESMI	Parafuso	1 un.
Bomba	LOWE	Centrífuga	1 un.
Bomba	MAST	Centrífuga	1 un.
Bomba	KRACHT	Centrífuga	1 un.
Bomba	VIKOMA	Membrana	1 un.
Bomba	PATAY	Diafragma	1 un.
Bomba	SELWOOD	Membrana	1 un.
Bomba	AQUAGUARD	-	1 un.
Bomba	HIDROVIDE	Parafuso	1 un.
Bomba	SUBARU	-	2 un.



Bomba	ITUR	Centrífuga	1 un.
Bomba	MWM	Centrífuga	1 un.
Bomba de Lubrificação	-	Pneumática	1 un.
Cabeça de Recolha	FRAMO	Correias	1 un.
Cabeça de Recolha	FRAMO	Escoamento	1 un.
Cabeça de Recolha	FRAMO	Tambores	1 un.
Cabeça de Recolha	FRAMO	Tambor de discos	1 un.
Compressor de ar	POSEIDON	Alternativo	1 un.
Compressor de ar	ATLAS COPCO	Transportável	2 un.
Compressor de ar	BRAVO	Transportável	1 un.
Contentor	TMB	-	8 un.
Contentor	-	-	13 un.
Contentor	ROULUNDS	-	2 un.
Contentor	ROULUNDS	Oficina	1 un.
Contentor COM	-	TEU	1 un.
Contentor oficina	-	-	1 un.
Contentor	MARKLEEN	TEU	6 un.
Contentor	VIKOMA	-	1 un.
Contentor de recolha e transporte de tambores	ENPAC	Salvage Drum	1 un.
Bote	ZEBRO	Pneumático	2 un.
Embarcação	UAM 688 “ENCHENTE”	Navio de recolha	1 un.
Embarcação	UAM 687 “VAZANTE”	Navio de recolha	1 un.
Embarcação	ZARCO	Semi-rígido	1 un.
Empilhador	NISSAN	Diesel	1 un.
Empilhador	DATSUN	Elétrico	1 un.
Grua	TMB	Grua	1 un.
Enrolador	DESMI	-	8 un.
Enrolador	ROULUND	De sarilhos duplos	3 un.
Enrolador	TERRA	-	3 un.
Enrolador	RO-CLEAN	-	1 un.
Enrolador	KARCHER	-	2 un.
Equipamento de Lavagem	KARCHER	Portátil	1 un.
Equipamento de Lavagem	KARCHER	-	6 un.
Equipamento de Lavagem	TURBOCIATA	Alta pressão a quente	3 un.
Equipamento de Lavagem	-	-	1 un.
Fechos Magnéticos	GROOVE	De barreira de estuário	1 un.
Grupo Eletrogéneo	TURBOMAR	Portátil	2 un.
Insuflador de ar	DOLMAR	-	1 un.
Insuflador de ar	ECHO	Portátil	1 un.

Insuflador de ar	KOMATSU	Portátil	2 un.
Insuflador de ar	MPR	Elétrico	1 un.
Insuflador de ar	MPR	-	1 un.
Insuflador de ar	MAPRO	Centrífugo	1 un.
Insuflador de ar	BENZA	Mochila	2 un.
Manta Absorvente	MARKLEEN	Rolo	50 rolos
Material absorvente	DRIZIT	Particulado	120 kg + 37,1 m <sup>3</sup>
Material absorvente	SANOL	Blocos/Placas	30 m <sup>3</sup>
Porta-paletes	-	-	4 un.
Pulverizador	CHEMSPRAY	Portátil	2 un.
Pulverizador de Dispersante	SEASPRAY	Diesel	1 un.
Pulverizador de Dispersante	CLEARSPRAY	Elétrico	1 un.
Pulverizador de Dispersante	MATABI	Portátil	2 un.
Recuperador	MARKLEEN TERRA	Cassetes	3 un.
Recuperador	RO-CLEAN	Cordão	3 un.
Recuperador	LORI	Escovas	5 un.
Recuperador	DESMI	Escoamento	6 un.
Recuperador	OEL NOLTE	Cordão	1 un.
Recuperador	VIKOMA	Vácuo	1 un.
Recuperador	VIKOMA	Discos	1 un.
Recuperador	KOMARA	Discos	3 un.
Recuperador	MORRIS	Discos	1 un.
Recuperador	SKIM-PAK	Escoamento	1 un.
Recuperador	ACME	Cordão	1 un.
Recuperador	SLURP	Escoamento	1 un.
Recuperador	AQUAGUARD	Escovas	1 un.
Recuperador	CRUCIAL	Vácuo	1 un.
Recuperador	OPEC	Cordão	1 un.
Reservatório de Combustível	FRAMO	-	2 un.
Reservatório	-	-	2 un.
Tanque	PRONAL	Autossustentável	12 un.
Tanque	FASTANK	Exosqueleto	11 un.
Tanque	FASTANK	Almofada	2 un.
Tanque	FIREFLEX	Almofada	1 un.
Tanque	-	Almofada	3 un.
Tanque	TMB	Flutuante	1 un.
Tanque	OIL BAG	Flutuante	3 un.

Unidade de potência	DESMI	<i>Diesel</i>	3 un.
Unidade de potência	FRAMO	<i>Diesel</i>	2 un.
Unidade de potência	KOMARA	<i>Diesel</i>	1 un.
Unidade de potência	LORI	<i>Diesel</i>	3 un.
Unidade de potência	MARKLEEN	<i>Diesel</i>	4 un.
Unidade de potência	MORRIS	<i>Diesel</i>	1 un.
Unidade de potência	TMB	<i>Diesel</i>	2 un.
Unidade de potência	TERRA	<i>Diesel</i>	1 un.
Unidade de potência	VIKOMA	<i>Diesel</i>	1 un.
Unidade de potência	VIKOMA	Elétrica	1 un.
Unidade de potência	AQUAGUARD	<i>Diesel</i>	1 un.
Unidade de potência	ROULUNDS	<i>Diesel</i>	1 un.
Viatura (AP-23-69)	MERCEDES-BENZ	Pesado/Mercadorias	1 un.
Viatura (AP-24-77)	MERCEDES-BENZ	Trator	1 un.
Viatura (AP-26-61)	MERCEDES-BENZ	Unimog	1 un.
Viatura (AP-31-19)	MITSUBISHI	Ligeiro/Passageiros	1 un.
Viatura (AP-31-40)	LAND ROVER	Ligeiro/Misto	1 un.
Viatura (AP-35-08)	GROOVE	Auto grua	1 un.
Viatura (AP-36-21)	MANITOU	Empilhador TT	1 un.
Viatura (AP-36-75)	MAN	Trator	1 un.
Viatura (AP-37-10)	MERCEDES-BENZ	Ligeiro/Misto	1 un.
Viatura (AP-37-96)	MERCEDES-BENZ	Unimog	1 un.
Viatura (AP-38-61)	MASSEY-FERGUSON	-	1 un.
Viatura (AP-38-62)	MASSEY-FERGUSON	Agrícola	1 un.
Viatura (AP-38-63)	LAND ROVER	Ligeiro/Misto TT	1 un.
Viatura (AP-39-12)	CASE	Trator Agrícola	1 un.
Viatura (AP-82-17)	KAWASAKI	Moto4 e atrelado	1 un.
Viatura (AP-82-53)	YAMAHA	Moto4 c/ caixa	1 un.
Viatura (AP-82-54)	YAMAHA	Moto4 c/ caixa	1 un.
Viatura (AP-90-15)	-	Porta Máquinas	1 un.
Viatura (AP-90-16)	BASCONTRIZ	Galera de Cortinas	1 un.
Viatura (AP-90-36)	MANITOU	Empilhador	1 un.
Viatura (AP-90-45)	REB.GALUCHO	-	1 un.
Viatura (AP-90-64)	ELLEBI	Atrelado para viaturas	1 un.